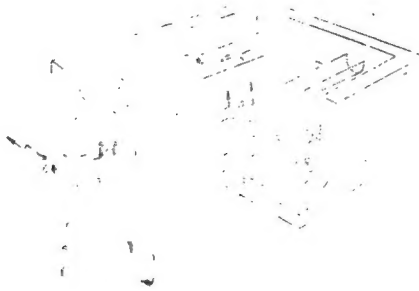


مكتبة الكتب الخيرية

الهندسة المدنية



مكتبة الكتب الخيرية
مكتبة الكتب الخيرية
مكتبة الكتب الخيرية

مكتبة الكتب الخيرية
مكتبة الكتب الخيرية
مكتبة الكتب الخيرية

اهداءات ٢٠٠٢

اسرة الممنوحين/ حامد العوا

الاسكندرية

مجموعة الكتب الهندسية

الهندسة الصحية

دكتور
محمد علي علي فرج
أستاذ الهندسة الصحية - جامعة الإسكندرية

الناشر: **مكتبة** دار الفلاح
جمال حري وشركاه

بسم الله الرحمن الرحيم

أهداء

أن الغرض من تأليف هذا الكتاب هو جمع وتبسيط أسس أهم الفروع الهندسية الصحية وهي هندسة امداد المدن بالمياه وهندسة الصرف الصحي للمخلفات السائلة - تبسيطاً ييسر على القارئ سبل الإلمام بأهم نظرياتها وأسس تصميمها وتشغيلها .

فالى أبنائى طلبة الأقسام المدنية بكليات الهندسة بالجامعات العربية أقدمه راجياً أن يكون لهم عوناً فى دراساتهم وأن يجدوا فيه تيسيراً فى التحصيل والاستيعاب دون مشقة أو اجهد .

والى زملائى المهندسين العاملين فى مجال الهندسة الصحية راجياً أن يجدوا فى هذا الكتاب - برغم ما فيه من إيجاز - ما يمكنهم لمزيد من الجهد المهدف لرفع مستوى مشروعات الهندسة الصحية .

والى إخوانى أعضاء هيئة التدريس بكليات الهندسة بالجامعات العربية راجياً أن يكون هذا الكتاب باكورة إنتاج مشترك ، أكثر تفصيلاً ، يهدف إلى متابعة رفع المستوى العلمى والتطبيقاتى للهندسة الصحية فى الجامعات العربية .

وبعد ..

فانى أرجو الله أن يكون كتابى هذا اسهاماً منى فى نشر الاهتمام بالهندسة الصحية فى بلادنا بسد حاجة ماسة إلى كتاب عربى يجذب القارئ للاستزادة والتوسع فى هذا الفرع من العلوم الهندسية .

دكتور محمد هل على فرج

المحتويات

مقدمة :

تعريف الهندسة الصحية ، هندسة الصحة العامة ١ - ٨

الباب الأول :

الدراسات اللازمة لتقدير استثمارات المياه ... ٩ - ٣٩

الباب الثاني :

المواصفات والاختبارات المعمولة للمياه ٤١ - ٧٣

الباب الثالث :

المياه الجوفية - مصادرها - تقدير كمياتها ... ٧٥ - ١٠٦

الباب الرابع :

إمداد القرى والمباني المنعزلة بالمياه.. ... ١٠٧ - ١٦٠

الباب الخامس :

أعمال إمداد المدن بالمياه السطحية ... ١٦١ - ١٧٥

الباب السادس :

أعمال تجميع المياه السطحية ... ١٧٧ - ١٩٩

الباب السابع :

الترسيب الطبيعي ... ٢٠١ - ٢٣٦

الباب الثامن :

الترسيب مع استعمال الكيماويات ... ٢٣٧ - ٢٨٧

الباب التاسع :

الترشيح ... ٢٨٩ - ٣٥٧

الباب العاشر :

تطهير المياه ٣٥٩ - ٣٧٥

الباب الحادى عشر :

إزالة الأملاح الذائبة فى الماء... .. ٣٧٧ - ٤٠٣

الباب الثانى عشر :

أعمال توزيع المياه ٤٠٥ - ٥٠٦

الباب الثالث عشر :

أعمال الصرف الصحى للمخلفات السائلة ٥٠٨ - ٥٢٧

الباب الرابع عشر :

شبكات الصرف الصحى ٥٢٩ - ٥٧١

الباب الخامس عشر :

الأجهزة الإضافية فى شبكات الصرف الصحى ... ٥٧٣ - ٦٠٢

الباب السادس عشر :

محطات الطامبات والمواسير الصاعدة ٦٠٣ - ٦٢٦

الباب السابع عشر :

مكونات وخصائص المخلفات السائلة ٦٢٧ - ٦٤٦

الباب الثامن عشر :

أعمال التنقية الابتدائية... .. ٦٤٧ - ٧٠٩

الباب التاسع عشر :

أعمال المعالجة النهائية بالمرشحات ٧١١ - ٧٤٨

الباب العشرون :

أعمال المعالجة النهائية بالحماة المنشطة ٧٨٤ - ٧٤٩

الباب الحادى والعشرون

أعمال المعالجة النهائية بممرشات الرمل ٨٠١ - ٧٨٥

وبحيرات الأكسدة وتقنوات الأكسدة

الباب الثانى والعشرون :

أعمال التخلص من المخلفات السائلة ٨٣٣ - ٨٠٣

الباب الثالث والعشرون :

معالجة الحماة والتخلص منها ٨٦٥ - ٨٣٥

الباب الرابع والعشرون :

أعمال الصرف الصحى للقرى والمساكن المنعزلة ٨٦٧ - ٨٩٤

مقدمة

الهندسة الصحية (Sanitary Engineering) بمعناها الصحيح يمكن اعتبارها لفظاً جديداً في مجال الهندسة - فلقد كانوا قديماً يسمونها هندسة البلديات (Municipal Engineering) ويطلقون خطأ لقب المهندس الصحي على الفنيين في أعمال السكّرة والسباكة وكذلك على مقاولي أعمال التوصيلات الصحية مثل أعمال المياه والمجارى والتهوية داخل المنازل - إلا أن الأعمال التي تدخل في نطاق الهندسة الصحية حالياً أوسع بكثير من ذلك النطاق الضيق إذ أصبح المهندس الصحي (Sanitary Engineer) هو ذلك المهندس الذي تلقى من العلوم والتدريب ما يسمح له بالقيام بتصميم والإشراف على تنفيذ وإدارة جميع المشروعات الهندسية التي تهدف إلى التحكم في البيئة التي نعيش فيها لتحسينها في النواحي الصحية والعقلية والاجتماعية .

إلا أنه يجدر بنا أن نذكر أنه يقوم بهذه الأعمال بالتعاون مع السلطات الحاكمة والطبيب والكيميائي، والميكروبيولوجي والأخصائي وغيرهم - كل في مجال تخصصه فبينما يقتصر عمل الطبيب على الكيان الصحي لجسم الانسان وعلاجه ، والميكروبيولوجي والكيميائي يقتصر عملهما على التحاليل اللازمة للتأكد من سلامة البيئة التي نعيش فيها من مسببات الأمراض ، وكذلك خلو جسم الانسان من هذه المسببات للأمراض ، فإن عمل المهندس يشمل البيئة التي نعيش فيها وأثرها على الصحة وتحسينها بتنفيذ المشروعات الهندسية التي تؤدي إلى منع إنتشار مسببات الأمراض .

وتتلخص أهم المشروعات الداخلة في نطاق الهندسة الصحية :

١ - إمداد المدن بالمياه (Water Supply Engineering) :

فلما هو ثانی العناصر الضرورية للإنسان في حياته بعد الأكسجين الذي يستنشق من الهواء - وكما أن الماء لازم لاستمرار الحياة فقد يكون سبباً في القضاء عليها إذا استعمل ملوثاً بجراثيم الأمراض التي تنقل عن طريقه مثل التيفويد والدوسنتاريا والكوليرا أو الأمراض المعوية الأخرى .

والاهتمام بالماء وما ينقله من أمراض ليس وليد العصر الحديث فلقد أوصى أبقراط إله الطب عند القدماء بغلي الماء الذي يستعمل للشرب ، كما أوصت بذلك الواحات الأثرية من عهد ملوك قدماء المصريين وفي آثار اليونان القديمة - أما في العصر الحديث فلقد كان لانتشار عمليات المياه أثر كبير في الحد من انتشار الأمراض ورفع المستوى الصحي .

٢ - معالجة المخلفات السائلة والتخلص منها Sewerage & Sewage Disposal :

وهذه تشمل المخلفات المنزلية والصناعية على السواء - وهي تأتي في الأهمية بعد مشروعات إمداد المدن بالمياه في جدول أعمال المهندس الصحي عند دراسة مشروعات تحسين الصحة لمدينة ما لما تحتويه هذه المخلفات السائلة من مواد ملوثة - بكتريا نافقة للأمراض أو سموم - بأعداد مهما كانت بسيطة أو بتركيز مهما كان قليلاً إلا أنه كافى للأضرار بالصحة العامة .

٣ - الرقابة على تلوث البحار والمحارى المائية Stream Sanitation :

كثيراً ما تستعمل بعض المدن المحارى المائية المحاورة لها سواء كانت أنهاراً أو مصارفاً أو بحاراً أو بحيرات لتقذف مخلفاتها السائلة فيها سواء قبل علاجها أو بعد علاجها جزئياً أو كلياً - ولا ريب أن هذا يسبب ازعاجاً لمن يقم بالقرب من هذه المحارى المائية وكذلك للبلاد التي قد تستعمل هذه المحارى

المائية كصنلر لمياه الشراب - ولذا لك فان من واجب المهندس أن يراقب مثل هذه الحالات وعلله ايجاد الحلول اللازمة لىحفظ على المجرى المائى سلامته من تلوث قد يؤدى بالصحة العامة للدمقين حولله أو تضرر بالثروة المائية فيه أو تقلل من استعمالات للمجرى المائى كصنلر لمياه الشرب أو كوسيلة للترفيه عن سكان المدن المقامة على شاطئه .

٤ - رفع المستوى الصحى فى القرى (Rural Sanitation)

تدل الاحصائيات على أن أغلب سكان العالم يعيشون فيما يمكن أن يطلق عليه مجتمعاً قروياً - أى يعيشون فى مجموعات متفرقة يصعب اقتصادياً أن يقوم بها هيئات للاشراف على الخدمات العامة دون أن نتكبد مصاريف باهظة فى سبيل ذلك - لذلك تلجأ السلطات المختصة بدراسة كل قرية أو مجموعة صغيرة من القرى المتقاربة كوحدة قائمة بذاتها - وتشمل هذه الدراسة طرق إمداد كل وحدة بالمياه الصالحة وكذلك التخلص من الفضلات السائلة والمخلفات الصناعية أن وجدت .

٥ - تخطيط المدن وانشاء المنازل الصحية :

City planning & Housing Sanitation

من المعروف به أن المدن تنشأ فى المبدأ بتجمعات صغيرة تأخذ فى الكبر رويداً حتى تصير مدينة كبيرة - ولكن كثيراً ما يكون هذا النمو على أساس غير سليم وفى اتجاهات متضاربة وينتهى الحال إلى أن تأخذ المدينة شكلاً غير متناسق وان تتداخل المناطق المتباينة الأغراض فى المدينة الواحدة مما قد يسبب اضراراً بسكانها - ولذا كان من مهمة المهندس الصحى بالتعاون مع غيره من المختصين اعادة تخطيط المدن مع تنسيق كامل لمناطقها المختلفة وتوزيع عادل للخدمات اللازمة فيها باننا ذلك على أسس احصائية متينة .

كما يضاف إلى ذلك أن واجب المهندس الصحى أن يشترك مع غيره فى وضع المعايير الصحية للمباني العامة والخاصة حتى لا يكون فى سوء تهيئتها أو إضاعتها أو ازدحامها ما يسبب اقلاقاً أو ضرراً للمستعملين .

هذه المجالات هى ما يقوم به المهندس الصحى من أعمال هندسية لتحسين البيئة التى نعيش فيها ورفع مستواها الصحى - وهى المجالات أخرى فى الصحة العامة يشرف عليها المهندس الصحى وإن كانت صلتها بالعلوم الهندسية أقل من هذه التى ذكرت وإنما تتصل أكثر بالميكروبيولوجيا والكيمياء والإحصاء وغيرها من العلوم الأساسية - ويسمى المهندس الذى يعمل فيها « مهندس الصحة العامة » (Public Health Engineering) .

وأهم هذه المجالات هى :

١ - إبادة ومقاومة الباعوض Mosquito Control

وفى هذا المجال يقوم المهندس الصحى بدراسه أماكن توالد الباعوض ومدى انتشارها واقتراح طرق للوقاية مثل إنشاء المصارف وردم المستنقعات أو تزويد المنازل بالشبكات السلك على النوافذ أو إبادة البرقات أو البعوضة الكاملة بالمبيدات .

كما لا يخفى أن بعض المشروعات الهندسية قد تؤدى عن غير قصد إلى توالد الباعوض وانتشاره فى منطقته - ومن أمثلة ذلك مصارف الرى الغير معتنى بها والنائية الحشائش والتارب المستعملة لإنشاء الطرق العامة وجسور السكك الحديدية لما قد يتجمع فيها مياه من راكدة ... وبديهي أن واجب مهندس الصحة العامة التعاون مع المشرفين على هذه المشروعات للقيام بعمل الوقاية اللازمة حتى لا تكون مثل هذه المشروعات خطراً على الصحة العامة لما يتولد فيها من بعوض بسبب عدم العناية بها .

٢ - تعقيم الألبان وصناعة الأغذية Milk & Food Sanitation :

ان مهمة وقاية الألبان من التلوث أثناء عملية الحليب أو نقلها إلى محطة البسترة وكذلك إدارة هذه المحطات وكذلك الرقابة على صناعة الأغذية من أهم الواجبات التي يعنى بها القائمون على الصحة العامة في المدينة فهي مصدر لانتشار العدوى إذا لم تنظم وتراقب جيداً للتحقق من مطابقتها للمواصفات واتباعها الشروط الصحية - ولا يصح الترخيص لهذه المحال بالعمل إلا بعد التأكد من اتباعها لهذه الاشتراطات أثناء الانشاء وكذلك في ادارتها ويقوم بالتفتيش عليها باستمرار في المدن الكبرى مهندس الصحة العامة يعاونه في ذلك مراقبو الأغذية .

٣ - الصحة المهنية (Industrial Health)

وهذا ميدان جديد أُلقيت تبعيته على مهندس الصحة العامة ، ففي بعض الصناعات حيث ينتشر داخل المصنع الأتربة أو الغازات أو الكيماويات الضارة أو درجات الحرارة العالية يجب على المهندس الصحة العامة أن يجد حلاً للحد من ضررها على صحة العمال داخل المصنع . كما أن تلوث الجو بما تنشره بعض المصانع من شمووم تنفثها من مداخلها مشكلة تواجه مهندس الصحة العامة لحلها منعاً لانتشار الأمراض في المدينة .

٤ - مقاومة الحشرات والحيوانات الناقلة للأمراض Vector Control :

وهذه من أهم طرق الوقاية من الأمراض - ففي القضاء على الذباب قضاء على أكثر من مرض كالتييفويد والوسنتاريا ... وفي القضاء على الفيران منع لانتشار الطاعون وفي القضاء على القواقع منع لانتشار البلهارسيا ، وفي القضاء على القمل قضاء على التيفوس ... ومن الحقائق العلمية التي أثبتتها التجارب العلمية ضرورة محاربة هذه الحشرات في أماكن توالدها وفي أضعف

أطوارها وهذا جزء من مسئولية مهندس الصحة العامة مع غيره من المهتمين بشئون الصحة العامة فعليهم استنباط الطرق العلمية الاقتصادية للقضاء على هذه الحشرات .

٥ - التخلص من الفضلات الصلبة (القمامة) Refuse Collection & Disposal

لا تزال هذه المهمة مستندة في بعض البلاد إلى عمال غير ملربين يقومون بجمعها من المنازل نظير أجر شهري بسيط وحملها في عربات غير معني بها إلى المقالب العمومية تحت رقابة غير كاملة مما يؤثر تأثيراً سيئاً في الصحة العامة لما تنشره هذه المقالب من أتربة وروائح كريهة بالإضافة إلى أنها بؤرة لتوالد العدد الكبير من الحشرات الناقلة للأمراض ولذا كان من واجب البلديات الكبرى أن تعهد إلى موظفيها تحت إشراف مهندس الصحة العامة ومسئوليته دراسة هذه المشكلة والقيام بها بصرف النظر عن الاستفادة المادية منها. هذه هي الهندسة الصحية . وهندسة الصحة العامة في صورتها المتطورة والتي ستتطور ما تقدمت العلوم في عالمنا هذا الذي نعيش فيه .

ولقد اقتصر هذا الكتاب على دراسة أسس امداد المدن والقرى بالمياه - وكذلك معالجة المخلفات السائلة والتخلص منها سواء كان ذلك في المدن أو القرى على أن يفي بأغراض الدراسة لطلبة الأقسام المدنية بكلليات الهندسة بالجامعات العربية .

الباب الأول

الدراسات اللازمة لتقدير استعمالات المياه

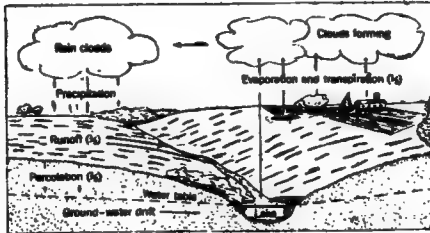
ESTIMATION OF WATER CONSUMPTION

عند البدء في دراسة مشروع من مشروعات إمداد المدن بالمياه يتعين علينا أن نقوم بالدراسات الآتية وذلك لتقدير كمية المياه المستهلكة في المدينة :

- (١) مصادر المياه التي يمكن استعمالها في المشروع لاختيار الأنسب منها .
- (ب) عدد السكان الذي نخدمهم المشروع .
- (ج) معدلات استهلاك المياه .
- (د) الاستعمالات المختلفة للمياه في المدينة .
- (هـ) التغير المحتمل في استعمالات ومعدلات استهلاك المياه .
- (و) حساب توقعات وتقديرات الاستهلاك مستقبلاً .

١ - مصادر المياه الممكن استعمالها

يتكون ثلاثة أرباع سطح الكرة الأرضية من مسطحات هائلة من البحار والمحيطات تبخر منها الماء ليعود فيسقط على سطح الأرض ، هذا المطر عند سقوطه يتبخر بعضه مباشرة من سطح الأرض ويتسرب بعضه داخل الأرض مكوناً ما يسمى بالمياه الجوفية - أما الجزء الأكبر فإنه يسيل على سطح الأرض مكوناً جداول صغيرة تتجمع في جداول أكبر منها حتى تصل إلى أنهار كبيرة تسير حتى تنصب في البحار والمحيطات لتعود ثانياً وتتبخر إلى طبقات الجو - وبذلك لا يكون هناك أي فاقد في الماء بل هناك دورة لانهاية من البحر إلى الجو - من الجو إلى الأرض ، من الأرض إلى البحر - وهذا ما يبينه الشكل رقم (١-١) .



(شكل رقم ١-١)

وبذلك يمكن تقسيم مصادر المياه التي يمكن استعمالها لامتداد المدن بالمياه إلى :-

١ - مياه الأمطار (Rain Water) :

وتتمتاز مياه الأمطار عن المياه الجوفية والسطحية بأنها أقرب ما تكون إلى المياه المقطرة على شرط أن تجمع بطريقة سليمة تمنع وصول التلوث إليها إلا أن هذا لا يعنى أنها كاملة النقاء ، إذ أنها في نفس الدقيقة التي تبتدىء ذرات البخار في التكثف إلى قطرات من الماء فإنها تمتص بعض الغازات الموجودة في الهواء ويلتصق على سطحها بعض ذرات التراب الدقيقة العاقلة بالجو وكذلك بعض البكتيريا السابحة في الهواء.

ومع كل فإن هذا التلوث لا أهمية له من الناحية الصحية ويمكن جمع مياه الأمطار لاستعمالها للأغراض المزاية في الأماكن المنعزلة إذا توافرت كلياتها وتوافرت طرق وقايتها من التلوث أثناء جمعها وأثناء تخزينها وتوزيعها

٢ - المياه الجوفية (Ground Water) :

وهذه تشمل مياه الآبار والينابيع :

وتتميز المياه الجوفية كما توجد في الطبيعة بالصفات الآتية :

١ - تكون عادة أكثر صفاء من المياه السطحية ولا تحتوى على مواد عالقة .

٢ - لا تحتوى على بكتيريا نظراً لترشيح هذه البكتيريا خلال طبقات الأرض أثناء تسرب المياه خلالها .

٣ - تكون عادة أكثر برودة من المياه السطحية نظراً لعدم تأثيرها كثيراً بالعوامل الجوية .

٤ - ارتفاع تركيز الكالسيوم والمغنسيوم والمنجنيز والحديد فيها عنها في المياه السطحية مما قد يكسبها بعض الطعم واللون والعسر - الأمر الذى يحد من احتمالات استعمالها إلا إذا تعرضت لمعالجة خاصة لازالة مثل هذه الأملاح .

الأن نسبة تركيز هذه الأملاح في المياه الجوفية ثابت طول العام بخلاف المياه السطحية التى يختلف تركيز الأملاح فيها على مدار السنة . ففى فترة الفيضان يقل تركيز المواد الذائبة فيها بينما ترتفع نسبة المواد العالقة - والعكس فى فترة انخفاض منسوب المياه فى النهر - أى فى فترة التماحريك .

٥ - قد تحتوى على غازات ناتجة من تحلل مواد عضوية داخل الأرض مثل ثانى أكسيد الكربون والأمونيا وكبريتور الهيدروجين ذو الرائحة الكريهة مما يحد من احتمالات استعمالها .

٦ - عادة يكون مستوى المياه الجوفية على منسوب منخفض تحت سطح الأرض بكثير مما يزيد من نفقات إدارة وصيانة الطلمبات اللازمة لرفعها عن مثيلاتها اللازمة لرفع المياه السطحية .

٧ - إذا عمل بئران متجاوران فإنه ليس من الضرورى أن تكون المياه فى البئرين متشابهة من الناحية التركيب الكيماوى .

٣ - المياه السطحية (Surface Water) :

وهذه تشمل مياه الترع والأنهار والبحيرات العذبة .
وتتميز المياه العذبة كما توجد فى الطبيعة بالصفات الآتية :-

١ - وفرة كمية المياه السطحية عن المياه الجوفية مما يجعل المياه السطحية أنسب لسد احتياجات المدن الكبيرة .

٢ - تعرضها لعوامل التلوث الشديد فالمياه السطحية نادراً ما توجد في الطبيعة نقية صالحة للاستعمال مباشرة دون معالجة ، إذ أنها تحتوي على مواد عالقة وذائبة والكثير من البكتريا - مما يجعلها خطراً على الصحة العامة - ومما يوجب تنقيتها قبل استعمالها كمصدر للمياه في المدينة .

وفي الجمهورية العربية المتحدة يعتبر نهر النيل المصدر الرئيسى للمياه السطحية وكذلك تعتبر ما يتسرب منه إلى باطن الأرض المصدر الرئيسى للمياه الجوفية وذلك لندرة الأمطار الا على الشريط الساحلى الشمالى .

ويمكن تقسيم الجمهورية العربية المتحدة إلى أربعة مناطق بالنسبة لمصادر المياه المختلفة واحتمالات استعمال هذه المصادر :

١ - وادى النيل والدلتا :

وفي هذه المنطقة تستعمل المياه السطحية من نهر النيل أو الترع المتفرعة منه مصدراً للمياه للمدن والتجمعات السكانية الكبيرة - كما تستعمل المياه الجوفية لامداد القرى والتجمعات السكانية الصغيرة بالمياه فى الأماكن التى تصلح فيها المياه الجوفية للاستعمال - إلا أنه نظراً لعدم صلاحية المياه الجوفية على امتداد الساحل الشمالى للدلتا لكثرة ما بها من أملاح وكذلك فى محافظة الفيوم - فإنه لا تعتمد على المياه الجوفية لامداد القرى فى هذه المناطق بالمياه ولذلك عمدت السلطات المسئولة إلى انشاء محطات تنقية للمياه السطحية من النيل أو الترع المتفرعة منه وكذلك انشاء شبكات لتوزيع المياه تغطى

هذه المناطق - ومحطات التنقية هذه توجد في مدن فوه - شربين ، بساط
كريم الدين - العباسية - وأبو حمص - وذلك لامتداد قرى منطقة شمال الدلتا
بالمياه الصالحة للاستعمال ، وكذلك بالقرب من مدينة الفيوم لامتداد
قرى محافظة الفيوم بالمياه (شكل رقم ١ - ٢) .



(شكل رقم ١ - ٢)

٢ - الصحراء الغربية :

والمصدر الرئيسي للمياه الجوفية في الصحراء الغربية هو مياه الأمطار
التي سقطت في السودان وتسربت داخل طبقات الحجر الرملى النوبي الذى
تظهر على سطح الأرض في السودان ولكنها تأخذ في الانحدار إلى أسفل تحت
طبقات من الاحجار الجيرية كلما اتجهت شمالا نحو البحر الأبيض - هذه

المياه تجدد في المناطق المنخفضة في الصحراء مخارج لها إلى سطح الأرض ،
مكونه الواحات لتصبح فيها مصدراً هاماً لمياه الشرب والرى .

وأهم هذه الواحات هي الواحات الخارجة واللاخطة وتتميز المياه فيها
بالوفرة في الكمية وصالحيتها وعذوبتها — أما الواحات البحرية وسيوه فيقل
فيها كمية المياه عن الواحات الخارجة والداخلة إلا أن مياه الواحات البحرية
تتميز بصالحيتها وعذوبتها بينما تتميز مياه واحة سيوه باحتوائها على نسبة
عالية من الأملاح وربما كان ذلك نتيجة لمرور المياه قبل وصولها إلى واحة
سيوه بتكوينات جيولوجية تحبس على أملاح كثيرة قابلة للذوبان —
وأقل كمية للمياه تتواجد في واحة الفرافرة وإن كانت أكثر صلاحية وعذوبة
من مياه واحة سيوه .

كما يعمد تواجدها المياه الجوفية بوفرة في منطقة وادي النطرون إلى تسرب
المياه من النيل في طبقات الحجر الرملي النوبي الذي يخترقه مجرى النيل
بالقرب من هذه المنطقة .

٣ — السهل الساحلي الشمالي :

وتكون الأمطار المتساقطة على الساحل الشمالي لغرب الدلتا مصدراً رئيساً
للمياه الجوفية المستعملة في هذه المنطقة إذ ينشأ عنها طبقة من المياه العذبة الطافية
فوق المياه المالحة المتسربة من البحر الأبيض ويمكن الحصول على هذه المياه
العذبة من الآبار القليلة العمق (لا تصل إلى المياه المالحة) وهو ما قام به
الأقدمون بخفرهم ما يسمى الآن بالآبار الرومانية على طول الساحل الشمالي
خاصة بالقرب من مرسى مطروح .

٤ — الصحراء الشرقية :

والمصدر الرئيسي للمياه فيها هو الأمطار التي تسقط على الجبال الشرقية الهادية

للبحر الأحمر ومن ثم تنسرب في الأرض حيث تخزن في الرمال أو في
جيوب من الحجر الرملي التوفي ومن ثم يمكن الحصول على هذه المياه بدق
الآبار .

ب - الدراسات الخاصة بالسكان الذي يطبقهم الشروع

لما كان الغرض من مشروعات المياه ، كغيرها من مشروعات الخدمات
العامة هو خدمة المدينة لفترة طويلة في المستقبل ، كان من الواجب تقدير
عدد السكان في المدينة طوال المدة التي يخدم فيها المشروع بدقة كافية حتى
لا تتسبب أى زيادة في التقدير زيادة لا داعي لها في التكاليف الانشائية للمشروع
وحتى لا يسبب أى نقص في التقدير قصوراً في خدمة المدينة وامدادها
بالمياه اللازمة .

والطرق المتبعة لتقدير أو التنبؤ بعدد السكان هي كالاتى :

١ - الطريقة الحسابية (Arithmetic Increase) :

وفيها يفترض زيادة تعداد المدينة عدداً ثابتاً لكل فترة زمنية معينة
(عشرة سنوات عادة Decade) وتسمى أحياناً طريقة الزيادة الثابتة .

ويمكن التوصل إلى هذه الزيادة الثابتة التي يزيدها تعداد المدينة كل عشرة
سنوات بدراسة تعداد المدينة في السنوات السابقة لاعداد الدراسة ومن ثم
حساب الزيادة في التعداد كل عشرة سنوات ثم يأخذ متوسط زيادة السكان
في المدينة بعد استبعاد الزيادات الغير عادية ومن أمثلة هذه الزيادات الغير
عادية . زيادات كبيرة القيمة قد تنشأ عن هجرة إلى المدينة نتيجة لتحويل
صناعى مفاجئ فيها - وبالعكس من ذلك زيادات صغيرة القيمة قد تنشأ
عن هجرة من المدينة أو حلوث حروب أو انتشار أوبئة فيها .

فاذا فرض أن :

$$P_0 = \text{آخر تعداد حقيقي للمدينة}$$

$$\Lambda = \text{متوسط زيادة عدد السكان كل فترة زمنية (عشر سنوات)}$$

(Decade)

$$T = \text{عدد الفترات الزمنية المطلوب تقدير عدد السكان بعدها}$$

$$P = \text{عدد السكان المقدر للمدينة بعد مضي } T \text{ من الفترات الزمنية}$$

فأنه يمكن تقدير عدد سكان المدينة مستقبلا بالمعادلة :

$$P = P_0 (1 + \Lambda T) \quad (1)$$

وهي معادلة يمكن تمثيلها بيانيا بخط مستقيم يمكن مده للحصول على التعداد في أي سنة مقبلة .

ومن الواضح أن هذه الطريقة في زيادة عدد السكان الزيادة تشبه الزيادة التي تحدث لمبلغ من المال وضع في مصرف ليربح ربحاً بسيطاً.

٢- طريقة الزيادة الهندسية (Geometric Increase) :

وفها يفترض معدل ثابت تنمو به المدينة كل فترة معينة (عشر سنوات) ويمكن تقدير هذه النسبة بدراسة تعداد المدينة في السنوات السابقة ورصد النسبة المئوية لزيادة التعداد كل عشرة سنوات ثم يؤخذ المتوسط الحسابي لهذه المعدلات ليكون هو معدل نمو المدينة مستقبلا مع استبعاد المعدلات الغير عادية كما سبق ذكره في طريقة الزيادة الحسابية - وكذلك الأخذ في الاعتبار احتمالات النمو الصناعي للمدينة الناتج عن انتشار الصناعات المحلية وكذلك انخفاض معدل نمو المدينة كلما كبرت وقدمت .

أما في حالة عدم استبعاد أى من النسب المتوية لزيادة التعداد لتقاربها في القيمة فيمكن تقدير متوسط هذه المعدلات بالمعادلة الآتية :

$$(٢) \dots\dots\dots R = \sqrt[n]{\frac{P_o}{P_i}} - 1$$

حيث : R = متوسط معدلات نمو المدينة

P_i = القيمة العددية لأول تعداد للمدينة .

P_o = القيمة العددية لآخر تعداد للمدينة .

n = عدد الفترات الزمنية بين التعدادين

فاذا فرض أن :-

P_o = آخر تعداد فعلي للمدينة

R = معدل نمو المدينة مستقبلا كل فترة زمنية (عشرة سنوات)

وهو يساوى متوسط معدلات انمو السابقة أو كما حسب من

المعادلة السابقة .

n = عدد الفترات الزمنية المطلوب تقدير السكان بعدها .

P = عدد السكان المقدر للمدينة بعد مضي « n » من الفترات

الزمنية من آخر تعداد فإنه يمكن تقدير عدد السكان مستقبلا

بالمعادلة :-

$$(٣) \dots\dots\dots P = P_o (1 + R)^n$$

ومن الواضح أن هذه الطريقة في زيادة عدد السكان تشبه الزيادة التي

تحدث لبلغ من المال ووضعت في مصرف ليربح ربحاً مكرراً .

(٢)

كما يمكن كتابة هذه المعادلة بالصيغة الآتية وذلك بأخذ لوغاريتمات طرفيها . ومن ثم يمكن تمثيلها بيانياً بخط مستقيم بدلاً من منحنى

$$\log P = \log P_0 + n \log (1 + R) \quad (4)$$

ويمد هذا المستقيم يمكن إيجاد التعداد في أى سنة مستقبلاً .

٣ - الطريقة البيانية التقريبية : Graphical Extension

وفيها يوقع سنوات التعداد السابقة والتعداد المأظر اكل سنة بالرسم البياني العادى ثم يمد منحنى التعداد بالنظر حتى السنة المطلوب تقدير السكان عندها .

٤ - الطريقة البيانية مع مقارنة المدينة موضع الدراسة بمنحنيات نمو المدينة الأكبر منها والمتشابهة معها في الظروف

Graphical Extension by Comparison

وفيها يوقع سنوات التعداد السابقة والتعداد المأظر اكل سنة بالرسم البياني للمدينة موضع الدراسة والمدن أخرى أكبر منها - ومن ثم يفترض أن المدينة موضع الدراسة ستبع في نموها أحد منحنيات نمو المدن الأكبر منها .

٥ - تقدير عدد السكان بافتراض كثافات سكانية معينة :

Assuming Population Densities

وفيها يفترض كثافات سكانية في المناطق المختلفة للمدينة - وبمعرفة مساحة كل منطقة وكثافة السكان فيها يمكن تقدير العدد الإجمالى للسكان في المدينة .

والجسول رقم (١ - ١) يبين كثافة السكان (عدد السكان للهكتار) للأنواع المختلفة للمساكن .

جدول رقم (١-١)

| نوع المسكن | الكثافة السكانية (شخص/الهكتار) |
|----------------------|--------------------------------|
| فيلات درجة أولى | ١٠ |
| فيلات درجة ثانية | ٣٠ - ٦٠ |
| عمارات شعبية | ١٢٠ - ٢٤٠ |
| عمارات سكنية صغيرة | ٨٠ - ٣٥٠ |
| عمارات متوسطة | ٢٤٠ - ٧٠٠ |
| عمارات سكنية كبيرة | ٧٠٠ - ١٢٠٠ |
| مناطق تجارية وصناعية | ٢٥ - ٧٥ |

٦ - طريقة الزيادة المضطردة (Incremental increase)

وفي هذه الطريقة تحسب الزيادة في تعداد السكان كل عشرة سنوات كما تحسب التغير في هذه الزيادات ويقدر متوسط كل منها - ومن ثم يقدر عدد السكان مستقبلا بالمعادلة الآتية :

$$P = P_0 + A T + a [(T) + (T-1) + (T-2) \dots + 1]$$

حيث : P_0 = آخر تعداد حقيقى للمدينة

A = متوسط الزيادات السابقة لتعداد المدينة كل فترة زمنية

T = عدد الفترات الزمنية المطلوب تقدير عدد السكان بعدها

a = متوسط التغير في الزيادات السابقة لتعداد المدينة

p = عدد السكان المقدر للمدينة بعد مضي T من الفترات الزمنية

٧ - الطريقة البيانية الدقيقة Acurate Graphical Extension

وفيها يوقع سنوات التعداد السابقة والتعداد المناظر لكل سنة بالرسم البياني اللوغاريتمى (Log., Log., Paper) - ومن ثم يمكن تحويل

نحى التعداد السابق للمدينة إلى خط مستقيم .

وبإيجاد ميل هذا المستقيم وتعيين نقطة تقاطعه مع المحور الرأسى (الموقع عليه تعداد المدينة) يمكن إيجاد معادلة المستقيم الذى تمثل معدل نمو المدينة كالآتى :-

$$Log Y = b Log X + log a \quad (٥) \dots\dots\dots$$

حيث : Y = تعداد المدينة فى أى سنة

X = عدد الفترات الزمنية التى بين أول سنة عمل فيها تعداد للمدينة والسنة المطلوب إيجاد التعداد عندها .

b = ميل المستقيم

a = $log a$ = الاحداثى الرأسى لنقطة تقاطع المستقيم الممثل للمعادلة نمو المدينة مع المحور الرأسى Y وكذلك يمكن كتابة نفس المعادلة السابقة بالصورة الآتية :

$$Y = a X^b \quad (٦) \dots\dots\dots$$

حيث تمثل X, Y, a, b إلى مثل ما ترمز به فى المعادلة السابقة . وفى هذه الحالة يمكن تعيين قيمة a بعد تعيين قيمة $log a$

الزمن الذى يصمم المشروع ليخدم المدينة خلاله (Period of Design)

يحدد هذا الزمن فى مشروعات امداد المدن بالمياه بعد دراسة للعوامل الآتية :-

- (١) السعر الابتدائى للمشروع .
- (ب) سعر الصيانة والتشغيل .
- (ج) سهولة أو صعوبة انشاء اضافات جديدة للمشروع .
- (د) عمر الأجزاء المختلفة للمشروع أى سرعة استهلاكها .
- (و) التطور فى تصميم وتشغيل الوحدات المختلفة للمشروع .

وبناء على هذه النقاط يمكن القول أن شبكات توزيع المياه في المدن يجب أن تصمم لتخدم المدينة في الخمسين سنة التالية لتنفيذ المشروع وذلك نظراً لصعوبة التغير فيها أو إضافة مواسير جديدة مما يتكلف نفقات باهظة في الحفر والردم والرصف وعطلة المواصلات في الطرق ، هذا بالإضافة إلى أن المواسير عادة لا تبلى قبل مضي فترة طويلة قد تصل إلى مائة عام .

وعلى العكس من ذلك فإن وحدات التنقية ومحطات الرفع المنشأة فوق سطح الأرض يمكن أن تصمم لتخدم المدينة في العشرة أو الخمسة عشر عاماً التالية لتنفيذ المشروع وذلك نظراً لسهولة إضافة وحدات جديدة كلما احتاج الأمر على أن يراعى أن يكون المساحة المخصصة لهذه الوحدات كافية للمستقبل البعيد الذي قد يصل إلى مائة عام حتى تستوعب الوحدات المستحدثة كما أنه من المستحسن أن ينشأ المآخذ ليمخدم المدينة فترات طويلة من الزمن قد تصل إلى خمسين عاماً - نظراً لصعوبة انشائه خاصة إذا كان على مجرى ملاحى - وكذلك لكبر تكاليف انشاء السحارات (conduits) الموصلة بينه وبين محطات الرفع .

مثال ١ - إذا أعطيت البيانات الموضحة في الجدول الآتى :
أوجد التعداد المتوقع للمدينة أ في الخمسين سنة المقبلة :-

التعداد

| السنة | مدينة أ | مدينة ب | مدينة ج | مدينة د |
|-------|---------|---------|---------|---------|
| ١٩٠٠ | ٥٧٣٢٠ | ١٠٠٧٥٠ | ١٢٧١٣٥ | ١٣٥٣٣٥ |
| ١٩١٠ | ٦٨٢٥٠ | ١٢٠٣٤٥ | ١٤٦٢٤٠ | ١٤٦١٢٠ |
| ١٩٢٠ | ٧٧٩٧٥ | ١٣٢٧٢٠ | ١٤٨١٥٠ | ١٥٨٣٣٥ |
| ١٩٣٠ | ٩٠٧٨٠ | ١٤٦٣٥٥ | ١٦٦٢٤٥ | ١٧١٧٢٠ |
| ١٩٤٠ | ١٠١٧٦٥ | ١٦٢٧٢٥ | ١٧٧١٣٠ | ١٨٢٣٤٥ |
| ١٩٥٠ | ١١٥٣٣٠ | ١٧٨٠١٠ | ١٨٨٣٢٥ | ١٩٤٧٢٥ |
| ١٩٦٠ | ١٢٨٧٣٥ | ١٩١٨٢٠ | ١٩٨٤١٠ | ٢٠٧٤١٥ |
| ١٩٧٠ | ١٤٢٣٢٥ | ٢١٤١٥٠ | ٢٢٠٣٢٠ | ٢٢٠٣٣٠ |

الحل :

| السنة | التعداد | الزيادة | نسبة الزيادة | تغير الزيادة |
|-------|---------|---------|--------------|--------------|
| ١٩٠٠ | ٥٧٣٢٠ | ١٠٩٣٠ | ١٩١٠ | ١٢٠٥ - |
| ١٩١٠ | ٦٨٢٥٠ | ٩٧٢٥ | ١٤ر٣٠ | ٣٠٨٥ + |
| ١٩٢٠ | ٧٧٩٧٥ | ١٢٨٠٥ | ١٦ر٥٥ | ١٨٢٠ - |
| ١٩٣٠ | ٩٠٧٨٠ | ١٠٩٨٥ | ١٢ر١٠ | ١٥٨٠ + |
| ١٩٤٠ | ١٠١٧٦٥ | ١٢٥٦٥ | ١٢ر٤٠ | ٨٤٠ + |
| ١٩٥٠ | ١١٥٣٣٠ | ١٢٤٠٥ | ١١ر٦٥ | ١٨٥ + |
| ١٩٦٠ | ١٢٨٧٣٥ | ١٣٥٩٠ | ١٠ر٥٠ | |
| ١٩٧٠ | ١٤٢٣٢٥ | | | |
| | المجموع | ٨٤٠٠٥ | ٩٦ر٦٠ | ٢٦٦٥ + |
| | المتوسط | ١٢٠٠٠ | ١٣ر٨٠ | ٤٤٥ + |

حساب التعداد في المستقبل :

أولاً - الطريقة الحسابية البسيطة :

$$\text{تعداد عام } ١٩٨٠ = \text{تعداد عام } ١٩٧٠ + \text{الزيادة}$$

$$\text{تعداد عام } ١٩٨٠ = ١٤٢٣٢٥ + ١٢٠٠٠ = ١٥٤٣٢٥$$

$$\text{تعداد عام } ١٩٩٠ = ١٤٢٣٢٥ + ٢ \times ١٢٠٠٠ = ١٦٦٣٢٥$$

$$\text{تعداد عام } ٢٠٠٠ = ١٤٢٣٢٥ + ٣ \times ١٢٠٠٠ = ١٧٨٣٢٥$$

$$\text{تعداد عام } ٢٠١٠ = ١٤٢٣٢٥ + ٤ \times ١٢٠٠٠ = ١٩٠٣٢٥$$

$$\text{تعداد عام } ٢٠٢٠ = ١٤٢٣٢٥ + ٥ \times ١٢٠٠٠ = ٢٠٢٣٢٥$$

ثانياً - طريقة الزيادة المطردة :

تعداد عام ١٩٧٠ = تعداد عام ١٩٧٠ + الزيادة + تغير الزيادة

$$1 \times 440 + 12000 + 142325 = 1980 \text{ عام}$$
$$104770 =$$

$$2 \times 440 + 12000 \times 2 + 142325 = 1990 \text{ عام}$$
$$167660 =$$

$$3 \times 440 + 12000 \times 3 + 142325 = 2000 \text{ عام}$$
$$180990 = [1 + 2 + 3]$$

$$4 \times 440 + 12000 \times 4 + 142325 = 2010 \text{ عام}$$
$$194770 = [1 + 2 + 3 + 4]$$

$$5 \times 440 + 12000 \times 5 + 142325 = 2020 \text{ عام}$$
$$209000 = [1 + 2 + 3 + 4 + 5]$$

ثالثاً - طريقة الزيادة الهندسية :

تعداد عام ١٩٨٠ = تعداد عام ١٩٧٠ (١ + نسبة الزيادة)

$$161966 = 142325 (1 + 0,138)$$

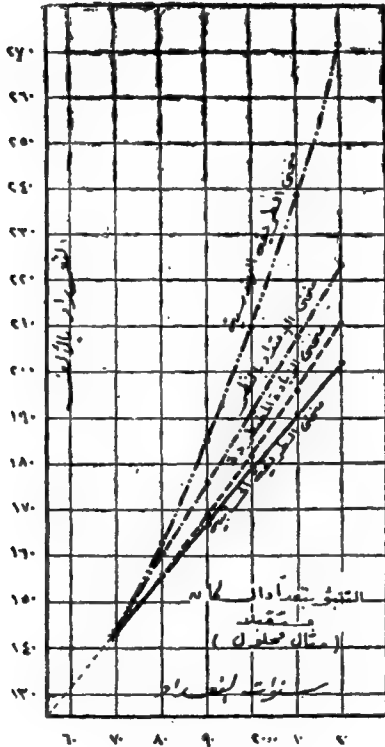
$$184301 = 142325 (1 + 0,138)^2$$

$$209787 = 142325 (1 + 0,138)^3$$

$$238769 = 142325 (1 + 0,138)^4$$

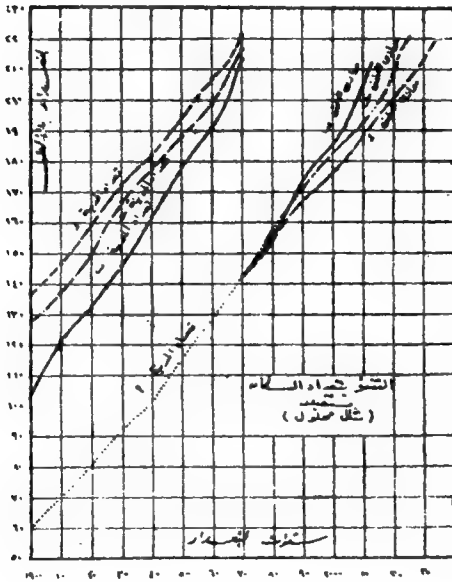
$$271841 = 142325 (1 + 0,138)^5$$

ويبين الشكل رقم (١ - ٣) التوزيع البياني للنتائج السابقة ، كما يبين
النتائج بالطريقة البيانية التقريبية



شكل رقم ١-٣

وبين الشكل رقم (٤-١) طريقة تقدير السكان مستقبلا بالطريقة
البيانية مع المقارنة بالمدن الأخرى .



شكل رقم ٤-١

ج - دواغات معدلات استهلاك المياه Rates of Water Consumption

بعد دراسة تعداد السكان الذى يخدمهم المشروع مستقبلاً يجب دراسة متوسط معدلات استهلاك الفرد للماء فى اليوم - أى متوسط الاستهلاك على مدار السنة وهذا يساوى مجموع التصرف الخارج من محطات المياه طول أيام مقسوماً على عدد السكان وعدد أيام العام .

$$\frac{Q}{P \times 365} = q \quad \text{أى أن : } q$$

حيث أن q = متوسط معدل الاستهلاك على مدار السنة (لتر/شخص/يوم).
 Q = مجموع التصرف السنوى لمحطة المياه .
 P = تعداد المدينة .

وهذا المعدل يختلف من مدينة إلى أخرى تبعاً للعوامل الآتية :

١ - الموقع الجغرافى والمناخ :

فكلما زادت درجة الحرارة كلما زاد معدل استهلاك المياه .

٢ - حجم المدينة :

كلما كبرت المدينة زاد معدل استهلاك المياه .

٣ - مستوى الحياة العام :

فارتفاع مستوى الحياة يزيد من معدل استهلاك المياه .

٤ - تعميم عدادات المياه :

وهذا يتخذ من استهلاك المياه - إذ يلاحظ دائماً انخفاض معدل استهلاك المياه فى المدن إلى النصف تقريباً عند تعميم عدادات المياه فيها لينفع كل مستهلك نصيبه من ثمن المياه .

٥ - انتشار الصناعة في المدينة :

كلما زادت الصناعة زاد معدل الاستهلاك نظراً لاستهلاك جزء كبير من المياه في المدينة في هذه الصناعات .

٦ - خواص المياه :

كلما تحسنت خواص المياه يزداد الاستهلاك .

٧ - الضغط في شبكات التوزيع :

وهذا يساعد على ازدياد الاستهلاك .

٨ - تميم شبكات الصرف الصحي :

فقد لوحظ أن معدل استهلاك المياه زاد حوالى ٤٠ ٪ في بعض المدن بعد انشاء مشروعات الصرف الصحي فيها .

والجول رقم (١-٢) يبين معدل استهلاك المياه بالتر/شخص/يوم في البلاد المختلفة في أمريكا - أوروبا - الجمهورية العربية المتحدة .

جول رقم (١-٢)

معدل استهلاك المياه في المدن المختلفة بالتر للشخص يومياً

| المعدل | المدينة | المعدل | المدينة |
|--------|----------------------|--------|-------------------|
| ١٥٠ | فينسا | ٥٠٠ | نيويورك |
| ٤٥٠ | روما | ١٠٠٠ | شيكاغو |
| ٢٥٠ | كولون | ٥٠٠ | ميلانو |
| ١٨٠ | القاهرة | ٤٥٠ | ميونيخ |
| ٢٠٠ | الاسكندرية | ٣٠٠ | زيوريخ |

د - التغير في معدل استهلاك المياه

Variation in Rates of Water Consumption

من البديهي أن معدل استهلاك المياه في مدينة ما لا يبقى ثابتاً باستمرار على مدار العام - ولكنه يتغير تبعاً للعوامل الآتية :

١ - تغير موسمي (Seasonal Changes) إذ يزداد معدل الاستهلاك في

أثناء شهور الصيف نظراً لشدة الحرارة وتراوح هذه الزيادة - حتى يصل متوسط الاستهلاك اليومي في خلال أشهر الصيف من ١٢٠ ٪ إلى ١٦٠ ٪ من معدل الاستهلاك اليومي على مدار السنة .

كما أن متوسط الاستهلاك اليومي في خلال أشهر الشتاء ينخفض ليصل إلى حوالي ٧٠ ٪ من معدل الاستهلاك اليومي على مدار العام .

والشكل رقم (١ - ٥) يبين التغيرات الموسمية في استهلاك المياه لمدينة الاسكندرية في أعوام ١٩٥٠ ، ١٩٦٥ ، ١٩٦٠ ، ١٩٦٥ ، ١٩٧٠ .

٢ - تغيرات يومية (Daily Change) : إذ يتغير معدل

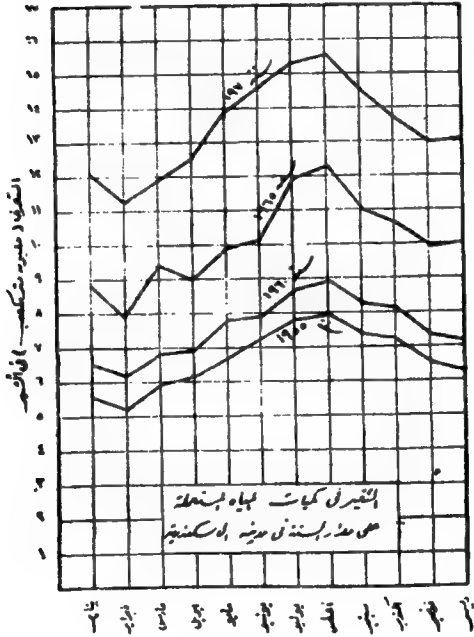
الاستهلاك من يوم إلى يوم في نفس الموسم بل في نفس الأسبوع تبعاً لعادات السكان ونشاطهم واحتياجاتهم المنزلية والصناعية وتراوح هذا التغير حتى يصل معدل الاستهلاك اليومي من ١٣٠ ٪ إلى ١٧٠ ٪ من معدل الاستهلاك اليومي على مدار السنة كما قد ينخفض إلى ٦٠ ٪ في بعض الأحيان كما يتضح ذلك من شكل ١ - ٦ .

٣ - تغيرات من ساعة إلى ساعة في نفس اليوم (Hourly Changes) :

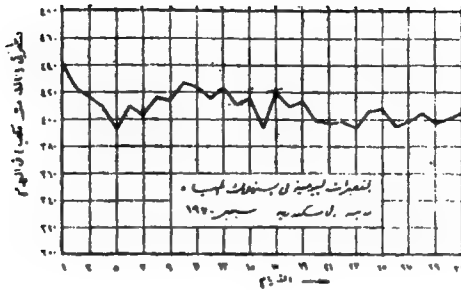
ويرجع هذا إلى تغير عادات السكان ونشاطهم وبالتبعية لكمية استهلاكهم للمياه في الساعات المختلفة في اليوم - فيكون أقصى معدل للاستهلاك في فترة

الصباح من الثامنة حتى الثانية عشرة ظهراً تقريباً ثم يأخذ معدل الاستهلاك في الانخفاض حتى يصل إلى أدناه في الجزء المتأخر من الليل .

ويسمى أقصى تصرف يحدث في أى فترة على مدار العام بالنهاية العظمى للتصرف (Peak) وهو يحدث في ساعات النهار في أشهر الصيف ويسمى أحياناً (Max. Hourly Consumption) .



شكل رقم ١ - ٥



شكل رقم ١-٦ :

والشكل رقم (١-٧) يبين التغيرات من ساعة إلى ساعة في نفس اليوم ومنه يتضح أن أقصى تصرف في اليوم قد يصل إلى ١٥٠٪ من معدل التصرف في نفس اليوم - وبذلك قد يصل أقصى تصرف في اليوم إلى ما يعادل ٢٢٥ تقريباً من متوسط الاستهلاك اليومي على مدار السنة .

والجداول رقم (١-٣) يبين التغير في التصرفات على مدار السنة بالنسبة لمتوسط التصرف اليومي طول العام .

وإدعى أنه يجب مراعاة هذه التغيرات في معدل استهلاك المياه عند تصميم الوحدات المختلفة لعمليات امداد المدن بالمياه كما سيأتى ذكره تفصيلاً فيما بعد عند دراسة أسس تصميم كل وحدة .

جلول رقم ١ - ٣

معدل التصرف اليومي على مدار السنة

١٠٠ (Annual Average Daily Flow)

متوسط الاستهلاك اليومي صيفاً

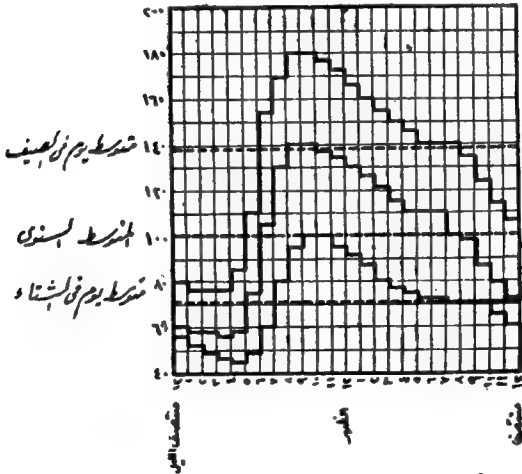
١٢٠ - ١٤٠ (Monthly Summer Daily Flow)

أقصى تصرف يومي

١٣٠ - ١٧٠ (Maximum Daily Flow)

النهاية العظمى للتصرف

٢٠٠ - ٢٧٥ (Max. Hourly or Peak Flow)



تغيرات في معدل استهلاك المياه - في اليوم الواحد

شكل رقم ١ - ٧

٥ - الاستعمالات المختلفة للمياه في المدينة

Purposes of Water Uses

تنقسم استعمالات المياه في المدينة إلى :

١ - الاستهلاك المنزلى (Domestic Use) : ويقصد به المياه المستعملة في الأغراض المنزلية مثل الشرب والغسيل والطبخ والاستحمام ويقدر هذا الاستهلاك بحوالى ٤٠ ٪ من معدل الاستهلاك العام في المدينة .

٢ - الاستهلاك الصناعى والتجارى (Industrial & Commercial) : ويقصد به المياه المستعملة في الأغراض الصناعية والتجارية كماء التبريد ومصانع الصباغة والتلج والمياه الغازية وغير ذلك من الإغراض الصناعية - ويقدر هذا الاستهلاك بحوالى ٣٥ ٪ من معدل الاستهلاك العام في المدينة - إلا أنه يجب مراعاة ظروف كل مدينة ونوع الصناعات القائمة والمتنظرة عند تقدير كمية المياه الصناعية والتجارية .

٣ - الاستهلاك العام : (Public Use) : ويقصد به المياه المستعملة للأغراض العامة مثل رش الشوارع ، رى الحدائق ، المياه المستعملة في النافورات في الميادين العامة غسيل المرشحات وأحواض الترسيب في محطات تنقية المياه وكذلك مقاومة الحرائق في المدينة ويقدر هذا الاستهلاك بحوالى ١٥ ٪ من الاستهلاك العام للمدينة .

٤ - الفاقد والإسراف في المياه (Losses & Wastes) : ويقصد به المياه المتسربة من لحامات المواسير المعيبة أو المواسير القديمة والصهائم ويقدر هذا الفاقد بحوالى ١٠ ٪ من الاستهلاك العام للمدينة ، إلا أنه يمكن الحد منه بالعناية بعمل الوصلات وإصلاح المواسير والصهائم .

٥ - مقاومة الحرائق (Fire Demand) : أن مجموع المياه المستعملة في إطفاء الحرائق أثناء العام قد لا يتعدى رقما صغيراً بالنسبة للاستهلاك العام للمدينة - إلا أنه عند حدوث حريق في المدينة فإن معدل استهلاك المياه

لمقاومة الحرائق يصل إلى أضعاف الاستهلاك العام للمياه مما يجب أن يؤخذ في الاعتبار عند تصميم شبكات مواسير التوزيع وكذلك محطات الضخ والمحطات وأحواض تخزين المياه .

وهناك معادلات اقترحية لتقدير كمية المياه اللازمة لمقاومة الحرائق في أمريكا إلا أنها تعطي تصرفات كبيرة بالنسبة للتصرفات المتبعة في مصر ومن هذه المعادلات :

(٧) Kuickling Formula :- $Q = 700 \sqrt{P}$

(٨) National Board of Fire Underwriters :-

$$Q = 1020 \sqrt{P} (1 - 0.01 \sqrt{P})$$

(٩) Freeman John R. Formula :-

$$Q = 250 (P/5 + 10)$$

حيث : p = تعداد السكان بالألف .

Q = التصرف اللازم لمقاومة الحرائق .

مقدراً بالجالون بالدقيقة . (الجالون الأمريكي = ٣.٧٨٥٤ لتر)

وتنص المواصفات المصرية على أن تعطى حنفية الحريق ٦٠ متر مكعب في الساعة على الأقل وأن يكون مخزون الماء كافى لامداد الحنفية بمياه لمدة ساعتين أى ١٢٠ متر مكعب على الأقل .

(و) حساب توقعات وتقديرات الاستهلاك مستقبلا :

عند حساب توقعات أو تقدير مجمل الاستهلاك في المستقبل لمدينة ما تمهيداً لاقتراح مشروعات المياه الجديدة في المدينة يمكن الرجوع إلى تعدادات السكان السابقة في المدينة لتقدير عدد السكان مستقبلاً (أنظر مثال رقم ١) ثم الرجوع إلى الاستهلاكات الفعلية السابقة وبقسمة الاستهلاك الفعلي على التعداد المناظر يمكن الحصول على متوسط الاستهلاك على مدار السنة لكل (٣)

لكل شخص في اليوم في الفترة السابقة - ثم بحسب معدل الزيادة في هذا المتوسط لكل سنة وعلى ضوء هذه البيانات يمكن افتراض نسبة زيادة هذا المتوسط في السنين المقبلة وتقدير قيمته مستقبلاً - وبديهي أن هذه الزيادة المقترحة للمتوسط الاستهلاك تتوقف على عوامل أهمها : الزيادة المنتظرة في السكان لزيادة النشاط ، ارتفاع مستوى الحياة ، التقدم في مشروعات المرافق الأخرى .

وإذا فرضنا أن :

$p =$ التعداد المقدر للمدينة مستقبلاً .

$q =$ متوسط الاستهلاك اليومي على مدار السنة مقدراً بالتر للشخص في اليوم .

∴ $p \times q =$ متوسط الاستهلاك اليومي للمدينة بأكملها على

مدار السنة - وهو التصرف الذي يصمم عليه وحدات

عمليات امداد المدينة بالمياه مستقبلاً مع وجوب مراعاة التغيرات

الموسمية واليومية الذي يتعرض لها التصرف والذي يؤثر

على كفاءة الوحدات المختلفة (كما سيأتى ذكره فيما يلي بعد)

الأنه أحياناً يمكن تقدير الاستهلاك الاجمالي للمدينة خلال الفترة المقبلة

دون الرجوع إلى حساب مستقل لمستقبل تعداد المدينة ومعدل الاستهلاك للمياه

في المدينة كل على حدة - وذلك بالرجوع إلى الاستهلاكات الاجمالية الفعلية

السابقة وحساب معدل التزايد كل سنة لهذا الاستهلاك الاجمالي ليكون

أساساً لاقتراح قيمة لتزايد في المستقبل ومن ثم تقديره في الفترة المقبلة .

مثال (٢) يبين الجدول الآتي التصرفات الاجمالية السنوية لمدينة

الاسكندرية في السنوات من ١٩٤٩ حتى ١٩٦٩ - والمطلوب تقدير التصرفات

الاجمالية السنوية وكذلك متوسط التصرف اليومي للمدينة واقصى تصرف

يومي للمدينة في فترة عام ١٩٧٠ حتى عام ١٩٩٠

| السنة | إجمالي التصرف السنوى (متر ^٣) | السنة | إجمالي التصرف السنوى (متر ^٣) |
|-------|---|-------|---|
| ١٩٤٨ | ٥٨٦٠٤٤٥٣ | ١٩٤٩ | ٥٩٩٦٢٦٣٨ |
| ١٩٥٠ | ٦٤٠٢٣٨١٣ | ١٩٥١ | ٦٧٥٨٠٦٤٦ |
| ١٩٥٢ | ٦٩٦١٩٥٧١ | ١٩٥٣ | ٧١٩٤٠٧٢٢ |
| ١٩٥٤ | ٧٤٢٦٧٠٠١ | ١٩٥٥ | ٨٠٠١٨٣٧٨ |
| ١٩٥٦ | ٨٢٥٧٦٣٥١ | ١٩٥٧ | ٨٢٦٧٤٥٢٩ |
| ١٩٥٨ | ٨٤٩٥٨٩٤٩ | ١٩٥٩ | ٨٦٢٩٠٩٩١ |
| ١٩٦٠ | ٩٠٦١٤٩١٤ | ١٩٦١ | ٩٤٧٠٣٣٥٤ |
| ١٩٦٢ | ٩٨٩٦٦٩٧٣ | ١٩٦٣ | ١٠٧٠٧٤٩١٢ |
| ١٩٦٤ | ١١٤٦٨٤٠٢٩ | ١٩٦٥ | ٦١٢١٤١١٣٤ |
| ١٩٦٦ | ١٣٤٧٦٨٠١٩ | ١٩٦٧ | ١٤٢٥٩١٦٨٩ |
| ١٩٦٨ | ١٤٦٤٤٣٢٦١ | ١٩٦٩ | ١٦١١٨٢٩٤٨ |

الحاصل :

$$Q_1 = \text{استهلاك المياه خلال سنة ١٩٤٩} = ٥٩,٩٦٢,٦٣٨ \text{ متر مكعب}$$

$$Q_2 = \text{استهلاك المياه خلال سنة ١٩٦٩} = ١٦١,١٨٢,٩٤٨ \text{ متر مكعب}$$

$$\text{وبحساب معدل التزايد السنوى} = \sqrt[n]{Q_2/Q_1} - 1$$

$$= \sqrt[20]{\frac{١٦١,١٨٢,٩٤٨}{٥٩,٩٦٢,٦٣٨}} - 1 = ٠.٥ \%$$

إلا أن هذا المعدل لم تكن له صفة الثبات خلال العشرين سنة السابقة لذلك يلزم تقسيم فترة العشرين سنة السابقة إلى فترات زمنية مدى كل منها خمس سنوات (مثلا) لوقوف على التذبذب الذى طرأ على هذا المعدل والإجماع العام لهذا التذبذب حتى يمكن القياس عليه عند تقدير توقعات الاستهلاك خلال العشرين سنة القادمة .

الفترة الزمنية ١٩٥٠ - ١٩٥٥ :

استهلاك المياه خلال عام ١٩٥٠ ٦٤,٠٢٣,٨١٣ متر مكعب
استهلاك المياه خلال عام ١٩٥٥ ٨٠,٠١٨,٣٧٨ لتر مكعب
.. معدل التزايد السنوي

$$\% ٤,٥٤ = ١,٠٠ - \frac{٨٠,٠١٨,٣٧٨}{٦٤,٠٢٣,٨١٣} \sqrt{} =$$

الفترة الزمنية ١٩٥٥ - ١٩٦٠ :

استهلاك المياه خلال عام ١٩٥٥ ٨٠,٠١٨,٣٧٨ متر مكعب
استهلاك المياه خلال عام ١٩٦٠ ٩٠,٦١٤,٩١٤ متر مكعب
.. معدل التزايد السنوي

$$\% ٢,٥٢ = ١,٠٠ - \frac{٩٠,٦١٤,٩١٤}{٨٠,٠١٨,٣٧٨} \sqrt{} =$$

الفترة الزمنية ١٩٦٠ - ١٩٦٥ :

استهلاك المياه خلال عام ١٩٦٠ ٩٠,٦١٤,٩١٤ متر مكعب
استهلاك المياه خلال عام ١٩٦٥ ١٢١,٤١١,٦٣٤ متر مكعب
.. معدل التزايد السنوي

$$\% ٦,٠٣ = ١,٠٠ - \frac{١٢١,٤١١,٦٣٤}{٩٠,٦١٤,٩١٤} \sqrt{} =$$

الفترة الزمنية ١٩٦٥ - ١٩٦٩ :

| | |
|------------------------------|----------------------|
| استهلاك المياه خلال عام ١٩٦٥ | ١٢١,٤١١,٦٣٤ متر مكعب |
| استهلاك المياه خلال عام ١٩٦٩ | ١٦١,١٨١,٩٤٨ متر مكعب |
| ... معدل التزايد السنوى | |

$$\% ٧,٣٣ = ١,٠٠ - \frac{١٦١,١٨٢,٩٤٨}{١٢١,٤١١,٦٣٤} \sqrt[٤]{}$$

فاذا أخذنا متوسط التزايد السنوى للثلاثة زيادات المتقاربة كان هذا المتوسط هو ٦ ٪ وهى نسبة التزايد المقترحة لتقدير التصرفات الكلية للمدينة فى الفترة المقبلة .

توقعات الاستهلاك خلال العشرين سنة القادمة على أساس معدل تزايد ٦ ٪ سنوياً .

الفترة الزمنية التى تنتهى فى عام ١٩٧٥ :

| | |
|--|-----------------------|
| استهلاك عام ١٩٦٩ | ١٦١,١٨٢,٩٤٨ متر مكعب |
| مدى التوقع | ١٩٧٥ - ١٩٦٩ = ٦ سنوات |
| ... استهلاك عام ١٩٧٥ = ١٦١,١٨٢,٩٤٨ × ٦(١,٠٦) = | |
| = ٢٢٨,٦٤١,٠٠٠ متر مكعب | |

$$\dots \text{متوسط الاستهلاك اليومى} = \frac{٢٢٨,٦٤١,٠٠٠}{٣٦٥} = ٦٢٦٤٠٠ \text{ م}^٣$$

الفترة الزمنية التي تنتهى فى عام ١٩٨٠ :

مدى التوقع ١٩٧٠ - ١٩٦٩ = ١١ سنة

... استهلاك عام ١٩٨٠ = $١٦١,١٨٢,٩٤٨ \times (١,٠٦)^{١١}$

= ٣٠٥,٩٧٣,٠٠٠ متر مكعب

٣٠٥,٩٧٣,٠٠٠

... متوسط الاستهلاك اليوى = $\frac{٣٠٥,٩٧٣,٠٠٠}{٣٦٥} = ٨٣٨٣٠٠ \text{ م.م.}$

الفترة الزمنية التي تنتهى فى عام ١٩٨٥

مدى التوقع ١٩٨٥ - ١٩٦٩ = ١٦ سنة

... استهلاك عام ١٩٨٥ = $١٦١,١٨٢,٩٤٨ \times (١,٠٦)^{١٦}$

= ٤٠٩,٤٦١,٠٠٠ متر مكعب

٤٠٩,٤٦١,٠٠٠

... إذن متوسط الاستهلاك اليوى = $\frac{٤٠٩,٤٦١,٠٠٠}{٣٦٥} = ١,١٢١,٨٠٠ \text{ م.م.}$

الفترة الزمنية التي تنتهى فى عام ١٩٩٠ :

مدى التوقع ١٩٩٠ - ١٩٦٩ = ٢١ سنة

... إذن استهلاك عام ١٩٩٠ = $١٦١,١٨٢,٩٤٨ \times (١,٠٦)^{٢١}$

= ٥٤٧,٩٥٢,٠٠٠ متر مكعب

٥٤٧,٩٥٢,٠٠٠

... متوسط الاستهلاك اليوى = $\frac{٥٤٧,٩٥٢,٠٠٠}{٣٦٥} = ١,٥٠١,٣٠٠ \text{ م.م.}$

وبذلك يمكن وضع النتائج في الجدول الآتي :

| السنة | مجموع الاستهلاك السنوي المتوقع - متر مكعب | متوسط الاستهلاك اليومي متر مكعب |
|-------|--|------------------------------------|
| ١٩٧٠ | ١٧٠,٨٥٥,٠٠٠ | ٤٦٨١,٠٠ |
| ١٩٧٥ | ٢٢٨,٦٤١,٠٠٠ | ٦٣٦,٤٠٠ |
| ١٩٨٠ | ٣٠٥,٩٧٣,٠٠٠ | ٨٣٨,٣٠٠ |
| ١٩٨٥ | ٤٠٩,٤٦١,٠٠٠ | ١,٢١١,٨٠٠ |
| ١٩٩٠ | ٥٤٧,٩٥٢,٠٠٠ | ١,٥٠١,٣٠٠ |

ويفرض أن أقصى استهلاك يومي للمدينة حوالي ١٥٠ - ٢٠٠ ٪ من متوسط الاستهلاك اليومي يمكن تقدير أقصى استهلاك يومي كما هو موضح في الجدول الآتي :

| السنة | أقصى استهلاك يومي ١٥٠ ٪ - ٢٠٠ ٪ من المتوسط |
|-------|--|
| ١٩٧٠ | ٨٠٠,٠٠٠ متر ٣ |
| ١٩٧٥ | ٨٠٠,٠٠٠ متر ٣ |
| ١٩٨٠ | ١,٤٥٠,٠٠٠ متر ٣ |
| ١٩٨٥ | ٢,١٠٠,٠٠٠ متر ٣ |
| ١٩٩٠ | ٢,٦٠٠,٠٠٠ متر ٣ |

الباب الثاني

المواصفات والاختبارات العملية للمياه.

QUALITY and EXAMINATION

OF WATER SUPPLY

بالإضافة إلى المراسات السابق ذكرها لتقدير كمية المياه ، فإنه من الضروري القيام باختبارات معمّلة لمعرفة مواصفات المياه ولتقييمها من الناحية الصحية . وتهدف الاختبارات التي تجرى في المعامل على عينة من الماء إلى الأغراض الآتية :

١ - الحكم على مدى صلاحية أو عدم صلاحية مورد الماء للاستعمال لامتداد السكان بالمياه .

٢ - معرفة مدى عمليات التنقية اللازمة لازالة ما علق بالماء من شوائب ومسببات الأمراض .

٣ - الحكم على مدى كفاءة خطوات عمليات التنقية في القيام بوظيفتها كل خطوة على حدة ..

٤ - التأكد من قيام محطة التنقية كوحدة متكاملة بوظيفتها على الوجه الأكمل بازالة ما علق بالماء من شوائب ومسببات الأمراض بجمله مطابقاً للمواصفات والمعايير الصحية الواجب توافرها فيه - إذ أن في استعمال المياه ملوثاً دون تنقية ما يؤدي بحياة عدد كبير من الأرواح قد يصل إلى أضعاف ما يفقده العالم من أرواح بأى أسباب أخرى .

وتصل المياه الملوثة إلى الانسان مسببة له الأمراض بأحد الطرق الآتية :

١ - الاستحمام في المياه الملوثة ، كيماء الأنهار والترع مما يؤدي إلى الإصابة بالبلهارسيا والانكلستوما وغيرها من الطفيليات : وتظهر ذلك حالياً في المناطق التي يفتقر سكانها إلى المياه الصالحة للاستعمال المنزلى .

كما أن الاستحمام في أحواض السباحة قد يؤدي إلى انتشار الأمراض ، إذا استعملها المصابون بأمراض الجلد أو العيون أو الجهاز التنفسي ، فهؤلاء

يتكون جراثيم هذه الأمراض في الماء لتصب غيرهم ممن يستحمون - ولهذا فأنه يشترط في حمامات السباحة اشتراطا خاصة بالنسبة لتعقيمها وتغيير مياهها باستمرار حتى لا تكون وسيلة لنقل العدوى من المريض إلى السليم .

٢ - الري ، مما قد ينتج عنه تلوث الخضرو الفاكهة التي قد تؤكل دون أن تطهى - بجراثيم الأمراض المعدية كالتيفود والدوسنتاريا - ولذا فإنه يجب العناية بفسيل مثل هذه المنتجات الزراعية قبل استعمالها حتى لا تكون وسيلة لانتقال المرض إلى مستهلكيها .

كما أن في استعمال مياه الأنهار والترع المحتوية على طفيليات البلهارسيا والانكلستوما لرى الأرض دون أخذ الاحتياطات الكافية لمنع وصول هذه الطفيليات إلى جسم الانسان مما يؤدي إلى الاصابة بهذه الأمراض .

٣ - استعمال الثلج ، الذى لم يراع الاشتراطات الصحية أثناء صناعته أو نقله إذ أن استعمال مثل هذا الثلج في تبريد المشروبات والمأكولات خاصة أثناء فصل الصيف قد يؤدي إلى انتشار الأمراض بين مستعمليه بالرغم من أن عملية التبريد إلى درجة الصفر تقتل الكثير من الجراثيم كما أن تخزين الثلج مدة طويلة قبل استعماله يؤدي إلى قتل بقية الجراثيم - ولذلك فإن السلطات الصحية المسئولة تشترط في مصانع الثلج اشتراطات تتعلق بسلامة المورد الذى يستخدم في الصناعة وخطو مائه من مسببات الأمراض كما تشترط المواصفات الكافية بعدم تلوث الماء أو الثلج أثناء الصناعة والتداول :

٤ - مياه الشرب ، وهذه هى من أخطر الوسائل لانتشار الأمراض نظراً لكثرة استعمال المياه في الشرب والاستعمالات المنزلية الأخرى في جميع أنحاء المدينة ولهذا فأن الأوبئة التى تحدث نتيجة تلوث مصدر المياه بالمدينة تتميز بانتشار المرض بين عدد كبير من الأفراد في أماكن مختلفة في المدينة

في وقت واحد - هذه الظاهرة هي المؤشر الذي يدفع السلطات المسؤولة إلى فحص مصدر المياه الذي تستعمله المدينة للتأكد من صلاحيته .

وتدل الاحصائيات في مختلف بلاد العالم على أن انتشار عمليات تنقية المياه وحسن ادارتها وتشغيلها وتوزيعها للاستعمال المنزلي بين السكان قد أدى إلى انخفاض كبير في نسبة المصابين بالأمراض التي تنتقل عن طريق استعمال المياه الملوثة .

ويمكن تقسيم المياه بالنسبة لصلاحيتها للاستعمال كالآتي :

١ - المياه النقية الصالحة للاستعمال (Safe Water) :

وهو الماء الخالي من أية جراثيم ومن المواد المعدنية الذائبة التي تكسبه لونا أو تجعله غير صالح للاستعمال أو غير مستساغ الطعم أو الرائحة - أي تتوافر فيه خاصتان أساسيتان وهما النقاء (Purity) والصلاحية (Wholesomeness) والصلاحية في هذا الصدد ، لفظ طبي المقصود به عدم احتواء الماء لاي شيء ضار بالصحة أما النقاء فهو صفة طبيعية المقصود بها خلو الماء من مسببات اللون والصلابة والطعم والرائحة .

٢ - المياه الغير نقية (Polluted water) (أو الملوثة تلوثاً طبيعياً)

وهي المياه التي تعرضت لعوامل طبيعية اكسبتها خيراً في اللون والطعم أو الرائحة أو العكارة نظراً لوجود مواد غريبة عضوية أو غير عضوية . ذائبة أو عالقة في الماء . الا أن هذا لا يعنى تأكيد عدم صلاحية المياه للشرب إذ قد لا يتسبب عن هذا التلوث أية أمراض أو ضرر بالصحة للمستهلك .

٣ - مياه غير صالحة للاستعمال (Contaminated water) (أو الملوثة

تلوثاً بكتريولوجياً) :

وهى المياه التى تحتوى على بكتريا أو مواد كيمياوية سامة تجعلها ضارة بالصحة العامة نظراً لما تسببه من أمراض مما يؤكد عدم صلاحيتها لمياه الشرب .

ولا يوجد الماء فى الطبيعة نقياً كاملاً يجعله صالحاً للاستعمال - الا نادراً
إذ أن فى نفس اللحظة التى تبتدى ذرات البخار فى التكثف إلى قطرات من الماء فى الجو لتسقط على هيئة امطار إلى الأرض . فأنها تمتص بعض الغازات الموجودة فى الهواء ويمتلئ بسطحها أثناء تساقطها بعض ذرات التراب الدقيقة العالقة فى الجو - وكذلك بعض البكتريا الساعية فى الهواء - فإذا ما لامست سطح الأرض فأنها أما أن تسيل على سطحه ملتقطة أثناء مسيرتها الطمى والمواد العالقة العضوية والغسـير عضوية وكذلك الأعداد الهائلة من البكتريا . كما تذيب أثناء مسيرتها ما قد يقابلها من مواد قابلة للذوبان مثل المواد العضوية المتحللة أو المواد الغير عضوية مثل الأزوتيت . الكبريتات ، الكلوريدات

أما إذا تسربت المياه داخل الأرض فأنها تذيب أثناء تسربها فى مسام التربة نسبة من الأملاح التى تقابلها - ويتوقف تركيز هذه الأملاح على نوع طبقات الأرض وتكوينها وسرعة سريان الماء فيها وكذلك على عوامل جيولوجية أخرى .

والجدول رقم (٣ - ١) يبين المواد التى تتواجد فى المياه الطبيعية من مصادر مختلفة .

جدول رقم (٢ - ١)

« مياه الأمطار »

مواد عالقة : بعض الشوائب التي قد تتواجد في الجو عند نزول المطر
مواد ذائبة : الأكسجين - الآزوت - ثاني أكسيد الكربون وبعض الأملاح
مواد عالقة غروية : لا شيء .

« المياه السطحية .

مواد عالقة : الطين والطيني والكائنات الحية الدقيقة مثل الطحالب
والبروتوزوا أو البكتريا وكذلك المواد العضوية .
مواد ذائبة : الأكسجين - الآزوت - ثاني أكسيد الكربون - أحماض
عضوية - نواشدر ، أملاح الكلوريدات والآزونات
والكبريتات .
مواد عالقة غروية : مواد ملونة وأحماض ومواد عضوية .

« المياه الجوفية »

مواد عالقة : بعض الكائنات الحية الدقيقة (نادراً) .
مواد ذائبة : أملاح الكربونات البيكربونات ، الكبريتات ،
الآزونات والكلوريدات والهيدروكسيد للمنجنيز والحديد
والكلسيوم والصدىوم والغازات مثل الأكسجين
والآزوت وأحياناً الميتين وكبريتوز الهيدروجين .
مواد عالقة غروية : السلكا وأكسيد الحديد .

كما يبين الجدول رقم (٢ - ٢) ما يترتب على وجود مختلف المواد العالقة
أو الذائبة والتي يعتبر وجودها في الماء بتركيز زائد عن درجة معينة سبباً
لرفض استعمال المياه كصنلر لامداد المدن بها .

جدول رقم (٢-٢)

| | |
|--|------------------------------|
| اليكتريا : بعضها يسبب أمراضاً الطحالب : تسبب لونا وطعماً ورائحة . العظمى : تسبب عكارة | (١) المواد العالقة |
| أكسيد الحديد : تسبب لونا أحمر المنجنيز : تسبب لونا أسود أو بني المواد العضوية : تسبب لونا وطعماً . | (٢) المواد الغروية |
| البيكربونات : تسبب قلوية وعسراً مؤقتاً الكربونات : تسبب قلوية وعسراً مؤقتاً الكبريتات : تسبب عسراً دائماً الكلوريدات : عسراً . | أملاح الكلسيوم والمغنسيوم |
| البيكربونات : تسبب قلوية الكربونات : تسبب قلوية الكبريتات : تسبب تكوين رغوى في الخلائط الفاوريدات : تشويه الأسنان الكلوريدات : طعم | أملاح الصديوم |
| الأكسجين : تأثير على المعادن ثاني أكسيد الكربون : تأثير على المعادن وحموضه كبريتور الهيدروجين : تأثير على المعادن وطعم ورائحة | (٤) الغازات الذائبة |

المياه وما تنقله من أمراض (Water & Disease)

وهناك أكثر من مرض تنسب عن استعمال المياه الملوثة أى الغير صالحة للاستعمال ، ومن أهم هذه الأمراض :

١ - التيفود Typhoid

٢ - البوسنتاريا الباسيلية والمعوية Dysentery

٣ - الكوليرا Cholera

٤ - البلمهارسيا Bilharzia

٥ - الباراتفويد Paratiphoid

٦ - شلل الأطفال Infantile paralysis

وتتواجد البكتيريا والطفيليات المسببة لهذه الأمراض فى المياه الطبيعية نذجة لقذف المخلفات السائلة فى هسطحات الماء - ولكنها تبدأ فى النقصان بسرعة لعدم صلاحية المياه الطبيعية كثيثة مناسبة لتكاثرها .

أما احتمال تواجد هذه البكتيريا فى المياه المنقاة فان يتأى الا فى الحالات الآتية :-

١ - اتصال بين مصدرين للمياه أحدهما ملوث (Cross Connections)

٢ - كسر فى شبكة مواسير المياه .

٣ - التنقية الغير كاملة للمياه .

٤ - عمر عمليات تنقية المياه أثناء الفيضانات العالية .

وبالإضافة إلى الأمراض المنسببة عن الجراثيم والتي سبق ذكرها - فان هناك أمراض تنسب من تواجد نسبة عالية من المواد الكيماوية غير المرغوب فيها ومن هذا الأمراض :-

١ - تورم الغدة الدرقيسة (Goiter)

ومن أعراضه انتفاخ داخل فى الرقبة - يعزى سبب هذا المرض إلى عدم

حصول الجسم على القدر الكافى من اليود فى الطعام أو الشراب - وتقوم بعض السلطات المسئولة صحياً فى بعض البلاد الأجنبية بإضافة اليود على شكل يودور الصوديوم مرتين فى العام كل مرة لمدة أسبوعين وذلك لتعويض النقص فى كمية اليود فى مياه الشرب طول العام .

٢ - تآكل ميناء الأسنان (Mottled Enamel of Teeth)

وهذا يتسبب من وجود الفلور فى الماء على هيئة فلوريدات (Fluorides) بنسبة تزيد عن ١,٥ جزء فى المليون (مليجرام فى اللتر) - وهذه الظاهرة تحدث بصفة خاصة فى سن الطفولة حتى التاسعة - وهى الفترة التى يتم فيها تكوين ميناء الأسنان ولذلك تتجه بعض السلطات المسئولة صحياً فى البلاد الأجنبية بمعالجة المياه لتقليل نسبة الفلور حتى لا تزيد عن ١,٥ جزء فى المليون .

٣ - تسوس الأسنان (Dental Caries)

وهذا يتسبب إذا قلت نسبة الفلور فى الماء عن نصف جزء فى المليون نظراً لأن الفلور عنصر هام لبناء الأسنان خاصة فى سن الطفولة .

ولذلك تتجه بعض السلطات المسئولة صحياً فى بعض البلاد الأجنبية بإضافة الفلور إلى الماء حتى لا يقل تركيزه عن نصف جزء فى المليون - ولا يزيد عن ١,٥ جزء فى المليون ، - وتحتاج هذه العملية إلى رقابة مستمرة وإشراف فى دقيق .

وبالنسبة لإضافة الفلور أو اليود إلى الماء - كما يوصى بذلك بعض المسئولين صحياً لتعويض نقصهما فى المياه المستعملة للشراب - فإن هناك البعض الآخر يعارض مثل هذا رأى إذ لا يؤمنون بمبدأ استعمال مورد مياه المدينة كوسيلة لمعالجة الأهالى بها - ويرون أن إعطاء اليود أو الفلور للأفراد المحتاجين على هيئة أقراص لمركباتها أو بإضافتها إلى ملح الطعام اجدى وأنفع بل أكثر

اقتصاداً . نظراً لأن كمية المياه المستعملة للشرب ضئيلة جداً بالنسبة لحجم الماء المستعمل - ومن ثم فإن نسبة كبيرة من الفلور أو اليود المضافة لا تصل إلى جسم الإنسان ومن ثم لا يستفاد منه إطلاقاً .

٤ - التسمم بالرصاص (Lead poisoning) :

الرصاص لا يوجد عادة في المياه الطبيعية ولكن الماء اليسر الذى يحتوى على نسبة عالية من ثاني أكسيد الكربون يذيب بعض الرصاص عند مروره في المواسير ويصبح استعمال الماء خطراً إذا زاد تركيز الرصاص فيه عن نصف جزء في المليون . إذ أن جسم الإنسان يميل إلى اختزان الرصاص بدلاً من التخلص منه .

٥ - الاضطرابات المعوية (Intestinal Derangements) :

ويسبب الاضطرابات المعوية احتواء الماء على أملاح أو مواد عضوية ذائبة غير مرغوب فيها بالرغم من عدم تواجدها جراثيم لأمراض معدية .

كما أنه يعتقد أن وجود أملاح كربونات أو كبريتات أو كلوريدات الكالسيوم والمغنسيوم ينتج عنه آثار ضارة في الكلى قد تساعد على تكوين حصوات فيها - كما أن المياه التي تحتوى على أملاح الأزونات بنسبة تزيد عن عشرة أجزاء في المليون قد تكون سبباً في أحداث مرض زرقان الأطفال (Blue Babies) إذ أن الأزونات تختزل في الجهاز الهضمي إلى أزوتيت التي تتحد مع كرات الدم الحمراء عندما يمتصها الجسم في الأوعية الدموية مما ينتج عنه تقليل نسبة الأكسجين في الدم وبالتالي تغير لون الدم إلى اللون الأزرق .

اختبارات المياه Water Examintaions

يشمل الفحص الصحي للمياه الاختبارات الآتية :

- ١ - الاختبار الطبيعي (Physical examination)
 - ٢ - الاختبار الكيماوى (Chemical examination)
 - ٣ - الاختبار البكتريولوجى (Bactefiological examination) .
 - ٤ - الاختبار الميكروسكوبى (Microscopical examination) .
- وجميع الاختبارات لازمة للدراسة مدى صلاحية المياه للاستعمال .

(١) الاختبارات الطبيعية

Physical Examination

(أ) قياس درجة الحرارة :

وهذا الاختبار لا أهمية له من الناحية الصحية الا أنه يفضل أن تكون المياه ماثلة إلى البرودة - وفى هذا تمتاز المياه الجوفية عن المياه السطحية .

(ب) قياس الطعم والرائحة :

وهذا الاختبار أيضاً لا أهمية له من الناحية الصحية الا أنه يفضل أن تكون المياه مستساغة الطعم (Palatable) لرائحة لها .

ويتواجد الطعم والرائحة فى المياه نتيجة للعوامل الآتية :

١ - وجود مواد عضوية حيوانية أو نباتية متحللة وهذا ما يحدث عادة

فى المياه الجوفية من الآبار السطحية .

٢ - غياب الأكسجين الذائب من الماء مما يساعد على اختزال بعض

أملاح الكبريتات إلى كبريتور الهيدروجين .

٣ - تكاثر الطحالب (Algae) وما تنتجه هذه الطحالب من زيوت

طيارة .

٤ - كما تكثر الروائح ويتركز الطعم في المياه بعد موت هذه الطحالب نتيجة لتحولها لمواد عضوية قابلة للتحليل .

٥ - المواد الكيميائية في المخلفات السائلة .

٦ - وجود بعض المخلفات الصناعية في المياه - خاصة تلك المخلفات التي تحتوي على الفينول الذي تظهر رائحته بوضوح بعد اضافة الكلور للماء .

وتقاس رائحة الماء بتحضير عينات من الماء تحت الاختبار مخففة عدة درجات ويحدد بواسطة حاسة الشم التخفيف الذي تنعدم عنده ظهوره الرائحة . وهذا ما يسمى : Threshold Odour Value

(ح) قياس كمية المواد العالقة بالماء (Suspended Solids) :

وذلك برشيع كمية معلومة من الماء في بوتقة معلومة الوزن ذات قاع مسامى من الزجاج المحروش (Sintered glass crucible) وهو يسمح بمرور الماء فقط بعد حجز المواد العالقة ومن ثم تحسب كمية المواد العالقة بوزن البوتقة بعد تجفيفها .

ووحدة تقدير كمية المواد العالقة هي (مليجرام في اللتر) (milligram/liter) وهو ما يسمى أحيانا بنجاولا (جزء في المليون) (part per million) .

فاذا قيل أن عينة من الماء تحتوي على ٢٠٠ مليجرام في اللتر - كان معنى ذلك أن كل لتر من الماء يحتوي على ٢٠٠ مليجرام من المواد العالقة .

(د) درجة العكارة (Turbidity) :

وهي تدل على اعاقه المواد العالقة لمرور الضوء خلال الماء وتمتوقف درجة العكارة على كمية المواد العالقة ونوعها ولونها ودقة حبيباتها .

وهناك أكثر من طريقة لقياس درجة العكارة للماء إلا أن جميعها تعطى نتائجها مقلدة بجزء في المليون أو ملايين في المتر .

طرق لقياس درجة العكارة :

١ - المقارنة بماء معروف درجة عكارتة :

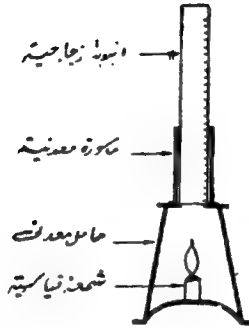
ويحضر هذا الماء عادة باستعمال مستحلب من تراب فولر (Fuller's Earth) وتخفيف هذا المستحلب بالماء المقطر بكميات محسوبة لتعطى عينات مختلفة من الماء درجة عكارتها : ٥ و ١٠ و ١٥ و ١٠٠ و ١٠٠٠ و ١٠٠٠ جزء في المليون ثم توضع هذه العينات القياسية داخل زجاجات شفافة من حجم ونوع واحد لاستعمالها لمقارنة العينة المراد فحصها بعد وضعها في زجاجة من نفس الشفافية والحجم .

وطريقة المقارنة هذه تعطى نتائج طيبة في حالة عدم وجود الطرق الأخرى لقياس درجة العكارة .

٢ - جهاز جاكسون لقياس درجة العكارة (Jackson Turbidimeter) :

وهو كما في الشكل رقم (٢ - ١) عبارة عن شمع قياسية أو مصباح كهربائي بنفس القوة توضع فوقها وعلى مسافة ثابتة منها أنبوبة زجاجية مملئة داخل أنبوبة نحاسية بدون قاع .

وعند استعمال هذا الجهاز يصب الماء تحت الفحص تدريجياً في الأنبوبة الزجاجية حتى يخفى ضوء الشمعة أو المصباح ويدهى أنه كلما زادت درجة العكارة قل ارتفاع الماء في الأنبوبة الزجاجية والذي يخفى عنده الضوء - على أنه زيادة في الاحتياط يجب أن تجرى هذه التجربة بعيداً عن ضوء النهار حتى لا تتأثر النتائج بمدى قوة الضوء في الحجرة ، إلا أن هذه الطريقة تستعمل غالباً في قياس عكارة الماء قبل التنقية .



شكل ١ - ٢

والجدول رقم (٢ - ٣) يبين ارتفاع الماء في الأنبوبة الزجاجية وما يقابله من درجات العكارة مقطرة بالخزء في المليون .

جدول رقم (٢ - ٣)

ارتفاع الماء بالمليمتر في أنبوبة جاكسون وما يقابله من درجة العكارة مقطرة بالخزء في المليون

| ارتفاع الماء | درجة العكارة | ارتفاع الماء | درجة العكارة |
|--------------|--------------|--------------|--------------|
| ٢٣ | ١٠٠٠ | ٢١٥ | ١٠٠ |
| ٢٦ | ٩٠٠ | ٢٣٨ | ٩٠ |
| ٢٩ | ٨٠٠ | ٢٦٥ | ٨٠ |
| ٣٢ | ٧٠٠ | ٢٩٨ | ٧٠ |
| ٣٨ | ٦٠٠ | ٣٤١ | ٦٠ |
| ٤٥ | ٥٠٠ | ٣٩٨ | ٥٠ |
| ٥٥ | ٤٠٠ | ٤٨١ | ٤٠ |
| ٧٣ | ٣٠٠ | ٦١٨ | ٣٠ |
| ١٠٨ | ٢٠٠ | | |

٣ - درجة شفافية الماء (Water clarity) :

وتقاس درجة الشفافية بقياس عمق الماء الذى يبدأ عنده اختفاء سلك من البلاتين قطره مليمتر واحد ويتكون الجهاز اللازم لهذا الاختبار . من أنبوبة زجاجية مدرجة بقطر حوالى ستة سنتيمترات يوجد بقاعها السلك البلاتينى ، وعند إجراء التجربة يصب الماء فى الأنبوبة حتى يبتدىء السلك فى الاختفاء فيقاس ارتفاع الماء .

والجدول رقم (٢ - ٤) يبين ارتفاع الماء بالسنتيمتر فى الأنبوبة وما يقابله من درجة العكارة مقلدة بالجزء فى المليون - ويعتبر الماء صالحا للاستعمال إذا بلغ العمق اللازم لاختفاء السلك البلاتينى ١٢٠ سنتيمتر فأكثر .

جدول رقم (٢ - ٤)

درجة الشفافية (ارتفاع الماء فى الأنبوبة بالسنتيمتر) وما يقابله من درجة العكارة مقلدة بالجزء فى المليون

| درجة الشفافية | درجة العكارة | درجة الشفافية | درجة العكارة |
|---------------|--------------|---------------|--------------|
| ٥ | ٢٨٨ | ٦٠ | ١٦ |
| ٧,٥ | ١٦٥ | ٦٥ | ١٥ |
| ١٠ | ١١٠ | ٧٠ | ١٤ |
| ١٥ | ٨٠ | ٧٤ | ١٣ |
| ٢٠ | ٦٠ | ٨٠ | ١٢ |
| ٢٥ | ٤٦ | ٨٥ | ١١ |
| ٣٠ | ٣٧ | ٩٠ | ١٠ |
| ٣٥ | ٣١ | ٩٥ | ٩,٥ |
| ٤٠ | ٢٦ | ١٠٠ | ٩ |
| ٤٥ | ٢٣ | ١٠٥ | ٨ |
| ٥٠ | ٢٠ | ١١٠ | ٧,٥ |
| ٥٥ | ١٨ | ١٢٠ | ٥ |

٤ - جهاز هليج لقياس العكارة (Helige Turbidimeter) :

وهو عبارة عن فوتومتر ضوئي تقاس به العكارة بمقارنة شعاعين ضوئيين أحدهما ينفذ في الماء المراد قياس عكاراته والآخر ينعكس بلاخله . وبتأسيس (Standardisation) الجهاز على مياه ذات عكارات معلومة يمكن تلريج الجهاز ومن ثم يمكن قياس عكارة أى نوع من المياه .

٥ - جهاز الخلية الكهروضوئية (Photo-eletric cell apparatus) :

وهو أحدث الأجهزة وأدقها ، تعتمد نظرية تشغيله على تحويل الضوء النافذ في المياه العكرة إلى تيار كهربائي يمر في جلفانومتر لقياس هذا التيار ، وبتأسيس (standardisation) الجهاز على مياه ذات عكارات معلومة يمكن تلريج الجهاز ومن ثم يمكن قياس عكارة أى عينة من المياه .

(أ) معامل نعومة المواد العالقة (Coefficient of fineness) :

ويقدر هذه المعامل بقسمة وزن المواد العالقة الموجودة في العينة مقدرأ بالجزء في المليون على درجة عكارة العينة مقدرأ بالجزء في المليون كذلك .

وهذه المعامل يدل على حجم المواد العالقة في الماء ، فإذا كان أقل من واحد دل ذلك على أن المواد العالقة أكثر دقة ونعومة من تراب فولر ، والعكس بالعكس .

(و) اختيار لون الماء (colour) :

وينتج اللون في الماء من ذوبان المواد العضوية أو تواجلدها في الماء في حالة تعلق خروى (colloidal) - ويجب إزالة اللون ولو كان غير ضار بالصحة العامة لما قد يتسبب فيه من عدم استساغة الماء للشرب :

(ز) اختيار المواد الذائبة (Dissolved solids) :

ويقاس كمية المواد الذائبة في عينة من الماء بترشيحها لازالة المواد العالقة أولاً ثم تبخيرها في بوتقة معلومة الوزن - ومن ثم تحسب كمية المواد الذائبة بوزن البوتقة بعد تمام التبخير .

الخواص الطبيعية للمياه النقية الصالحة للاستعمال :

وتعتبر المياه الصالحة للاستعمال إذا توافرت فيها الشروط الطبيعية الآتية :

- ١ - أن يكون الماء خالياً من الطعم والرائحة الغير مساغين .
- ٢ - ألا تزيد العكارة عن خمسة أجزاء في المليون .
- ٣ - ألا يزيد اللون عن عشرين جزء في المليون .
- ٤ - ألا تزيد المواد الذائبة عن ألف جزء في المليون .

٢ - الاختبارات الكيميائية

Chemical Examinations

وهذه يمكن تقسيمها إلى اختبارات عضوية واختبارات غير عضوية ولكلا النوعين أهمية خاصة لدى العاملين في تنقية المياه لتقدير مدى تلوث المياه وعمر هذا التلوث ، وكذلك لقرير نوع المعالجة اللازمة لتنقية المياه وجعلها صالحة للشرب أو الصناعة .

١ - التحاليل العضوية

Organic Analysis

والغرض من هذه التحاليل الكشف على مدى تلوث المياه وتقدير تركيز المواد العضوية وكذلك المركبات الكيميائية العضوية الناتجة من تحلل هذه المواد وأهمها مركبات الأزوت : النوشادر الحر أو المتحد ، النوشادر الزلاى ، الآزوتيت ، الآزوتات - ولكل من هذه المركبات أهميتها في الاستدلال على مدى تلوث المياه .

١ - النواشدر الحرو والنواشدر الملحي أو المتحد (Free or Combined Amonia) ويدل وجود النواشدر الحر أو المتحد على هيئة بيكرينات النواشدر على حدوث تلوث حديث للمياه ، بمواد عضوية حيوانية الأمر الذى له أهميته وخطورته على الصحة العامة .

٢ - النواشدر الزلالى (Albuminoid Amonia) :

ويدل وجود هذا النواشدر الزلالى وحده فى الماء على تلوثه بمواد عضوية نباتية ، إذ أن النواشدر الناتج من الموارد العضوية الحيوانية سريع التأكسد إلى أزوتيت ثم أزوتات . بينما يبقى جزء كبير من النواشدر النباتى دون تأكسد وهو ما يطلق عليه النواشدر الزلالى .

٣ - تقدير الأزوتيت (Nitrites) :

ويدل وجود أملاخ الأزوتيت وحدها فى الماء على نشاط بكتيرى فى أكسدة النواشدر إلى أزوتيت . أى يدل على تلوث حديث نسبياً إلا أنه انقطع وتوقف ، إذ أن الأزوتيت من المواد السريعة التأكسد إلى أزوتات .

٤ - تقدير الأزوتات (Nitrates) :

والأزوتات الخطوة الأخيرة لتأكسد المواد العضوية بواسطة البكتريا - ويدل وجود أملاح الأزوتات وحدها على تلوث قديم انقطع وتوقف .
الأنه من النادر أن يتواجد أى من هذه الأملاح فى الماء على حده بل يتواجد أكثر من واحد منها معا فى نفس العينة من الماء :

فاذا وجد النواشدر مع الأزوتيت دل ذلك على تلوث حديث نسبياً ونشاط للبكتريا فى المراحل الأولى لأكسدة المواد العضوية وتثبيتها :

كما يدل تواجد الآزوتيت والآزوتات في نفس العينة على قرب انتهاء أكسدة المواد العضوية الملوثة للمياه . وأن هذا التلوث قديم وتوقف .

أما إذا تواجد النواشدر مع الآزوتات فإن هذا يدل على تلوث قديم ثم أكسدة ما به من مواد عضوية . وحدث تلوث حديث في المراحل الأولى لنشاط البكتري في أكسدته .

ويدل تواجد النواشدر والآزوتيت والآزوتات معا في نفس مصدر المياه على تلوث مستمر بالمواد العضوية مع نشاط مستمر في أكسدة هذه المواد - الأمر الذي يوحى بالخطر من استخدام هذا الماء دون معالجة على الصحة العامة

كما يدل وجود النواشدر الزلاي مع النواشدر الحر أو المتحد على تلوث عضوى من مصادر نباتية مضاف إليها تلوث عضوى آخر من مصادر حيوانية .

الا أنه من الممكن أن تتواجد هذه المركبات العضوية في الماء الأسباب أخرى غير التلوث بالمواد العضوية النباتية أو الحيوانية ، ومن أمثلة ذلك : تواجد النواشدر في مياه الأمطار خاصة في المناطق الصناعية . تواجد النواشدر في المياه الجوفية مرورها على طبقات من الأرض تحتوى على أملاح نواشدرية تواجد الآزوتيت بسبب اختزالها بأملاح ومركبات قابلة للتأكسد مثل أملاح الحديدوز . ولذلك فإنه يلزم معانيه مصدر المياه - ودراسة جميع الاحتمالات عن أسباب تواجد هذه المركبات في الماء قبل الحكم على المياه بأنها ملوثة تلوثا عضوياً بسبب احتوائها لهذه الكيماويات .

٥ - وهناك اختبارات كيميائية عضوية أخرى ليس لها أهمية كبيرة في الاختبارات العملية للمياه وان كان لها أهمية كبيرة في فحص عينات المخلفات السائلة للمدن والصناعات - ومن أمثلة هذه الاختبارات :

وهو أكثر استعمالاً لأغراض مقارنة عينات الماء المأخوذة من نفس المصدر وعلى فترات متباعدة من الزمن إذ أن الأملاح الموجودة في هذه العينات غالباً ما تكون واحدة وإن اختلف تركيزها من وقت لآخر .

٢ - قوة تركيز تأين الـايـدروـجين (pH Value) :

والغرض من هذا الاختبار تقدير درجة قوة حموضة الماء أو قلويته . وليس كمية الحموضة أو القلوية . وذلك بتقدير قوة تركيز الـايـدروـجين المتأين (أيون الـايـدروـجين) الموجود في الماء والذي يرمز له بالرمز (pH) . ويمكن تفسير الفرق بين قوة الحموضة أو القلوية وبين كمية الحموضة أو القلوية إذا علمنا الحقائق الكيميائية الآتية :

١ - المحاليل التي تحتوي على مركبات كيميائية ذائبة كالأحماض أو القلويات أو الأملاح . تتأين أي تنفصل إلى ذرات تحمل شحنات كهربائية تسمى بالأيونات .

٢ - المياه التي تحتوي على أحماض تكثر فيها أيونات الـايـدروـجين الموجبة (يد +) بينما تحتوي المياه المحتوية على ايـدروكسيد (مثلاً) على أيونات الـايـدروكسيد السالبة (يد -) .

٣ - الأحجام المتساوية من المحاليل العيارية من الأحماض تتعادل مع حجم مائل من محلول عيارى من نفس القلوى (المحلول العيارى هو المحلول الذى يحتوي على عدد من الجرامات من القلوى أو الحامض يساوى الوزن المكافئ لاي منهما مذاباً في لتر واحد من الماء والمحلول العشر عيارى - مثلاً - هو الذى يبلغ تركيز الحامض أو القلوى عشر تركيز المحلول العيارى ... وهكذا) . وبذلك يمكن القول بأن المحاليل العيارية ذات القوة الواحدة تحتوي على نفس كمية الحامض بدليل أنها تتعادل مع نفس الحجم من محلول من نفس القوة من القلوى .

٤ - كلما كان الحامض قوياً زادت نسبة التأين في محلوله إلى أيونات الهيدروجين ، فمثلاً نسبة التأين في محلول عشر عيسارى من حامض الهيدروكلوريك هي ٨٤ ٪ ، بينما تصل نسبة التأين لمحلول عشر عيلارى من حامض الخليك هي ١٠٣ ٪ ، هذا بالرغم من تساوى كمية الحامض في كل من المحلولين .

٥ - تقلد درجة تركيز أيون الهيدروجين في الماء المقطر بالكمية ٠,٠٠٠٠٠٠١ جرام (١٠) - ٧ من أيونات الهيدروجين في اللتر - ولما كان عدد أيونات الإيدروكسيد مساوياً لعدد أيونات الهيدروجين في الماء المقطر فيكون تركيز أيونات الإيدروكسيد هي الأخرى ٠,٠٠٠٠٠٠١ (١٠) - ٧ جرام في اللتر . ولقد اتفق تبسيطاً للأرقام على ذكر اللوغاريتم السالب لتركيز أيونات الهيدروجين في المحلول لبيان قوة تركيز هذه الأيونات - وبذلك يرمز لتركيز أيونات الهيدروجين في الماء المقطر بالرقم ٧ وهو يساوى - لو ١٠ - ٧ وهي المسماة بدرجة التعادل .

٦ - كلما زاد تركيز أيونات الهيدروكسيد نتيجة زيادة قوة القلوية قل تركيز أيونات الهيدروجين إلى أن يصل تركيز أيونات الهيدروكسيد إلى جرام واحد في اللتر وبذلك يكون اللوغاريتم السالب لتركيز أيونات الهيدروجين هو ١٤ - أما إذا زاد تركيز أيونات الهيدروجين نتيجة لزيادة قوة الحامض فإن اللوغاريتم السالب لتركيز أيونات الهيدروجين يقل تدريجياً حتى يصل إلى ١١ - .

٧ - بذلك يمكن القول أنه إذا قيست درجة تركيز الهيدروجين لعينه من الماء وجدت أقل من ٧ ، كان ذلك دليلاً على حامضيتها ، وبالعكس إذا وجدت أكثر من ٧ ، كان ذلك دليلاً على قلويتها .

ويمكن قياس قوة تركيز أيونات الهيدروجين بالطرق الآتية :

— تقدير كمية الجهد الكهربائي الناتج من أيونات الهيدروجين .

— اضافة دليل (Indicator) إلى العينة ومقارنة اللون الناتج مع

اللون الناتجة من اضافة نفس الدليل إلى مياه معلومة قوة تركيز أيونات الهيدروجين لها .

ولقوة تركيز أيونات الهيدروجين أهمية خاصة في عمليات نقية المياه وكذلك الحكم على خصائص المياه ومدى صلاحيتها للاستعمال . فالمياه ذات pH منخفض قد تضر بالصحة لاحتوائها على أملاح كبريتات الكالسيوم أو المغنسيوم مثلاً — كما أنها قد تسبب تآكلاً للمعادن (المواسير وغيرها) لاحتوائها على ثنائي أكسيد الكربون مذاباً فيها — كما أن المياه ذات « pH » مرتفع تحتوي على أملاح كربونات وبيكربونات الكالسيوم المسببة لعسر الماء . كما قد يكون ضارة بالصحة .

كما أن المروبات المختلفة المستعملة في معالجة المياه قبل الترسيب تتأثر كفاءة تشغيلها بدرجة تركيز أيونات الهيدروجين في الماء المعالج — الأمر الذي يستدعى أحياناً معالجة هذه المياه لضبط الـ « pH » فيها قبل اضافة المروبات للحصول على أكبر كفاءة للتشغيل .

٣ — قياس قلوية وحموضة وملوحة المياه Alkalinity & Acidity & Salinity

يكون الماء قلويًا إذا احتوى على أملاح الكربونات أو البيكربونات أو أو الألبندوكسيد - وأملاح الكربونات والبيكربونات هي الأكثر تواجداً في المياه أما أملاح الإيدروكسيد فنادراً ما توجد في المياه الطبيعية إلا أنها قد تتواجد في المياه المعالجة لازالة العسر منها وفي هذه الحالة قد تكتسب المياه طعماً جريبياً (flat taste) كما أن أملاح الإيدروكسيد لا تتواجد مع أملاح البيكربونات في عينة واحدة .

ويكون الماء حامضياً عند احتوائه ثاني أكسيد الكربون أو الأحماض المعدنية مثل حامض الكبريتيك .

ويسمى الماء مالحة إذا احتوى على كلوريدات أو كبريتات الصوديوم الكلسيوم أو المغنسيوم أو البوتاسيوم .

٤ - قياس أملاح عسر الماء Hardness

ويكون الماء عسراً إذا احتوى أملاح الكلسيوم أو المغنسيوم وفي أحوال نادرة أملاح الزنك والقصدير والحديد والألمنيوم - هذه الأملاح قد تسبب طعماً أو اضطرابات معوية عند استعمالها للشرب كما تتفاعل مع الصابون مكونة رواسب ممتسكة تحول دون تكوين رغوة الصابون . أما في الصناعة فإنها تضر بالأقمشة عند تجهيزها . وإذا استعملت في غلايات المياه الساخنة فإنها ترسب على جدران الغلايات طبقة ماحية عازلة للحرارة ، كما أن هذه الطبقة قد تنشق مما يؤدي إلى انفجار الغلايات بسبب التبخر المفاجيء للمياه .

لهذه الأسباب يجب تقدير عسر المياه قبل استعمالها المنزلي أو الصناعي حتى يمكن إزالة هذا العسر للدرجة المناسبة للاستعمال ويعتبر الماء يسراً إذا قل تركيز هذه الأملاح عن خمسين جزء في المليون .

• - تقدير أملاح الكلوريدات (Chlorides) :

وأكثر الكلوريدات انتشاراً في الماء هو كلوريد الصوديوم (ملح الطعام) ووجود هذا الملح في الطعام يكسبه طعماً غير مستساغ - ويتوقف التركيز المسموح به على طباع السكان واحتواء الماء على أملاح أخرى تظهر من طعم الكلوريدات - ولا تنص المواصفات على الحد من أملاح الكلوريدات لأسباب صحية بل تحد منها بسبب تركيز الطعم في الماء - إذ أن التأثير الصحي (٥)

لازدياد تركيز الكلوريدات لا يظهر الا عند وصول التركيز إلى ما يقرب من مياه البحار . بل على النقيض ، فإنه في بعض البلاد الحارة يفضل اضافة الكلوريدات إلى الماء لتعويض ما يفقده الجسم منها أثناء افراز العرق من الجسم - دون أية اعتراض من مستعمل المياه .

٦ - تقدير تركيز أملاح المعادن : (Mineral salts)

مثل الصوديوم ، البوتاسيوم ، الحديد ، المنجنيز ، النحاس ، الرصاص الكالسيوم . المغنسيوم . ولكل من هذه المعادن تركيز يجب الا تتجاوزه والا اعتبر الماء غير صالح للاستعمال المنزلى أو الصناعى لما يسببه من اضرار بالصحة العامة أو متاعب في الصناعة .

ويعتبر الماء صالحاً للاستعمال إذا كان تركيز أملاح المعادن الذائبة أقل من الحد الأقصى (كما تشرطه بعد المواصفات) والمبين في الجدول رقم (٦-٢) .

جدول رقم (٦-٢)

الحد الأقصى لتركيز المواد الكيماوية في الماء بعد التنقية
مقدراً بالجزء في المليون (جرام/التر)

| المادة | الحد الأقصى | المادة | الحد الأقصى |
|-----------|-------------|------------------------|-------------|
| الرصاص | ٠٠,٠١ | الكلورين (الزنك) | ١٥,٠٠ |
| الزرنخ | ٠٠,٠٥ | الكلوريدات | ٢٥٠,٠٠ |
| السلينيوم | ٠٠,٠٥ | الكبريتات | ٥٠,٠٠ |
| الفلورين | ١,٠٠ | القلوية الكلية | ٤٠٠,٠٠ |
| النحاس | ٠٠,٣ | مركبات الفينول | ٠٠,٠٠١ |
| الحديد | ٠٠,٣ | مجموعة الأملاح الذائبة | ١٠٠٠,٠٠ |
| المنجنيز | ٠٠,٣ | | |
| المغنسيوم | ١٢٥,٠٠ | | |

٧ - تقديرات الغازات الذائبة في الماء :

وأهم هذه الغازات الأكسجين . ثاني أكسيد الكربون ، كبريتور
الايروجين ، الميثين .

الأكسجين (Oxygen)

كلما تواجد الأكسجين ذائباً في الماء إلى ما يقرب درجة التشبع دل
ذلك على صلاحيته للاستعمال إذ أنه عند تلوث الماء بالمواد العضوية فإن أنواع
خاصة من البكتيريا تأخذ في استهلاك الأكسجين المذاب في الماء لأكسدة
المواد العضوية إلى مواد ثابتة والجدول رقم (٢ - ٧) يبين درجة ذوبان
الأكسجين في الماء في درجات الحرارة المختلفة عند ضغط جوى قله
٧٦ سنتيمتراً من الزئبق .

جدول رقم (٢ - ٧)

درجة ذوبان الأكسجين في الماء

| درجة الحرارة | صفر | ٥ | ١٠ | ١٥ | ٢٠ | ٢٥ |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| التركيز عند التشبع | ١٤,٦٦ | ١٢,٨٠ | ١١,٣٣ | ١٠,١٥ | ٩,١٧ | ٨,٣٨ |

وتنص بعض المواصفات على ألا يقل ذوبان الأكسجين في الماء عن
٩٠٪ من التشبع ليكون الماء مقبولا صالحاً للاستعمال .

ثاني أكسيد الكربون (Carbon dioxide)

يتواجد ثاني أكسيد الكربون في الماء نتيجة تحلل المواد العضوية أو نتيجة
نشاط وتنفس بعض الكائنات الحية الموجودة في الماء ويصل تركيز ثاني أكسيد
الكربون في المياه الجوفية إلى خمسين جزء في المليون بينما لا يزيد تركيزه في

المياه السطحية عن جزئين في المليون - ويسبب تواجد ثاني أكسيد الكربون في الماء تنوب بعض أملاح الكربونات مثل كربونات الكالسيوم والحديد التي يمكن إزالتها بازالة ثاني أكسيد الكربون من الماء - إلا أنه يفضل تواجد أكسيد الكربون ذائباً في الماء بتركيز معين . حيث يكسب الماء طعماً مقبولاً كما أنه يسمح بترسيب طبقة رقيقة من الكربونات على الجدار الداخلى للمواسير مما يمنع تأكلها .

كبريتور الهيدروجين (Hydrogen sulphide) :

يتواجد هذا الغاز في الماء نتيجة تحلل المواد العضوية الكبريتية تحللاً لاهوائياً ولا يسمح بتواجده مذاباً في الماء بتركيز يزيد عن جزء واحد في المليون نظراً لرائحته الكريهة التي تشبه رائحة البيض الفاسد كما أن تواجده في الماء يعتبر من ضمن العوامل المساعدة على تأكل المواسير المعدنية ، إذ أنه يتحد مع الحديد مكوناً مركبات من الحديد والكبريت أو ينوب في الماء مكوناً أمحاضاً تتفاعل مع الحديد مباشرة .

الميثين (Methane) :

وهو غاز قابل للاشتعال يتواجد في الماء نتيجة التحلل اللاهوائي لبعض المواد العضوية - ولا يتواجد هذا الغاز عادة في المياه السطحية ، إلا أنه قد يتواجد في المياه الجوفية بالتركيز العالي الكافي ليشجع منها إلى الهواء مكوناً خليطاً قابلاً للانفجار .

الاختبارات البكتريولوجية

Bacteriological Examination

البكتيريا هي كائنات حية متناهية في الصغر لا ترى تحت الميكروسكوب العادي - وهي تتكاثر بالانقسام ويشرط لهذا التكاثر أن يتواجد الغذاء والحرارة والرطوبة اللازمة .

والبكتيريا أما مفيدة أو ضارة : ومن البكتيريا المفيدة هذه الأنواع التي توجد في الطبقة العليا من سطح الأرض والتي تعمل على تثبيت أو أكسدة المواد العضوية إلى مواد غير عضوية ، وتلك الموجودة في الجهاز الهضمي لجميع الحيوانات والتي تعمل على هضم الطعام في الجسم وتحويله إلى مادة قابلة للامتصاص كذلك من الأنواع المفيدة تلك البكتيريا التي تعمل على تخمر اللبن الزبادي ، تخمر خميرة الخبز ، والتي تساعد في صناعة انزبدوالجن ...

ومن البكتيريا الضارة تلك الأنواع التي تتكاثر على حساب المادة العضوية الحية محدثة فيها التعفن والتسمم والمسببين للأمراض ولكل مرض نوع خاص من البكتيريا .

كما أنه يمكن تقسيم البكتيريا بالنسبة للوسط الذي تعيش فيه إلى ثلاثة أنواع :

١ - بكتيريا هوائية (Aerobic) : وهي التي تعيش في وسط هوائي يحتوي على الأكسجين .

٢ - بكتيريا لا هوائية (Anaerobic) : وهي التي تعيش في وسط لا يحتوي على الأكسجين .

٣ - بكتيريا متقلبة (Facultative) : وهي التي يمكنها أن تعيش في غياب أو وجود الأكسجين وهذا النوع هو الغالبية العظمى من البكتيريا .

والتحاليل البكتريولوجية للمياه من التحاليل الهامة التي تمكن من كشف التلوث بالبكتيريا المسببة للأمراض وأهم الاختبارات البكتريولوجية التي تجري على عينة من الماء : -

١ - العد الكلى للبكتيريا الحية في درجة ٢٠ ° مئوية :

ويدل هذا الاختبار على مدى كثرة البكتيريا العادية التي تعيش في الماء والهواء وعلى الأرض في العينة الجارية تحليلها . وهذه البكتيريا غالباً لا تكون ضارة إلا أن هذا الاختبار يظهر مدى تعرض الماء للعوامل الجوية .

ويتراوح هذا العدد في المياه السطحية من ١٠٠ إلى ١٠٠٠ بكتيريا في المليمتر . ويقل في المياه الجوفية إلى نصف هذا العدد .

٢ - العد الكلى للبكتيريا الحية في درجة ٣٧ ° مئوية :

وهو أكثر دلالة على تلوث المياه من التحليل السابق إذ تجري التجربة عند درجة حرارة مماثلة للدرجة حرارة جسم الانسان ، فيزداد نمو وتكاثر البكتيريا التي تعيش في جسم الانسان أو الحيوان . مما يكون أكثر دلالة على تلوثها بفضلات الانسان والحيوان .

٣ - تحليل لعدد البكتيريا التي تعيش أصلاً في جسم الانسان (والتي لا تسبب له ضرراً) :

إذ أن تواجدها في عينة من الماء دليل قاطع على تلوثها بالملوثات السائلة . وهذه التحاليل تشمل :

(١) العد القولوني (Coliform Count) عند ٣٧ ° مئوية .

والغرض من هذا التحليل عد بكتيريا القولون (Eschericia Coli) التي تتواجد بكثرة في أمعاء الانسان .

وبتم هذا التحليل على خطوتين :

١ - التحليل الاحتمالي (Presumptive test) وفيه تدل النتائج الموجبة لهذا التحليل على احتمال وجود بكتيريا القولون في الماء .

٢ - ولما كانت هناك بعض البكتيريا لا تعيش في جسم الانسان ولكنها تعطى نتائج موجهة أيضاً في التحليل السابق ، فإنه من الضروري اجراء تحليل آخر لتأكد من أن النتائج الموجبة هذه بسبب وجود بكتيريا القولون وليس بسبب غيرها ، ويتم ذلك باختبارين :

(أ) اختبار التأكد الجزئي (Partial Confirmation test)

(ب) اختبار التأكد الكامل (Complete Confirmation test)

ويمكن من الناحية الصحية اعتبار وجود بكتيريا القولون في الخطوة الأولى من الاختبار دليلاً على تلوث المياه بالمخلفات السائلة سواء كان هذا التلوث حديثاً أو قديماً أو كان هذا التلوث بقايا نباتية متحللة .

(ب) عد المكورات السبحية البرازية (*Streptococcus faecalis*) :
ووجود هذه السبحيات في المياه تأكيداً للنتائج التي توصلنا إليها باختبار التأكد الكامل السابق ذكره ، أى تلوث المياه بالأنواع الفوذية من بكتيريا القولون التي تعيش في جسم الانسان .

(ج) عد عضويات ولسن (*Clast. Welchii*) ووجود هذه البكتيريا فقط دليل على تلوث قديم بالمخلفات السائلة وذلك نظراً لقوة احتمالها لظروف المعيشة خارج جسم الانسان - أما وجود بكتيريا القولون معها في نفس العينة فتقليل على تلوث حديث .

وتم جميع الاختبارات البكتريولوجية بتوفير الظروف المناسبة لنمو وتكاثر نوع البكتيريا المراد الكشف عنه وذلك بمزج حجم معين من العينة تحت الاختبار بمحلول المواد الغذائية للبكتيريا تحت الفحص ثم حفظ المزيج في أضعاف في درجة الحرارة المناسبة ولمدة معينة حيث تتكاثر البكتيريا وهي ثم يمكن الكشف عليها .

ويلاحظ أن الاختبارات البكتريولوجية للماء لا تشمل فحصاً للكشف على بكتيريا الأمراض مثل التيفويد والبارا تيفويد .. وذلك نظراً لصعوبة الكشف عليها ولذلك يكفي بالكشف عن البكتيريا المعوية التي تعيش في جسم الانسان . فاذا وجدت دل ذلك تلوث المياه بالخلطفات السائلة .
وتعتبر المياه في حالة صالحة للشرب إذا أعطت الاختبارات البكتريولوجية النتائج التالية :

- ١ - عدد البكتيريا الحية لا يزيد عن مائة في المليمتر .
- ٢ - عدد البكتيريا القولون لا يزيد عن واحد في مائة مللتر .
- ٣ - عدد المكورات السبحية لا يزيد عن واحد في مائة ملليمتر .
- ٤ - عدد عصويات ولش لا يزيد عن واحد في ألف ملليمتر .

الاختبارات الميكروسكوبية

Microscopic Examination

والفرض من هذه الاختبارات الميكروسكوبية هو معرفة عدد ونوع الكائنات الحية الدقيقة التي لا ترى بالعين المجردة سواء كانت نباتية أو حيوانية .

ومن أهم الفحوص الميكروسكوبية للماء ما يأتي :

- ١ - البحث عن الطحالب الخضراء المزرقة Blue green algae
- ٢ - البحث عن وطحالب الخضراء Green algae
- ٣ - البحث عن الطحالب الدياتومية Diatoms

وجميع هذه من النباتات - وتبدو أهمية أبدأة هذه الطحالب من المسطحان المائية نظراً لما تسببه من روائح وطعم غير مستساغ في المياه ... وهذه الروائح تختلف تبعاً لكمية ونوع هذه الطحالب فرائحتها في الماء تشبه رائحة الحشائش

إذا كانت خفيفة التركيز واما إذا كانت عالية التركيز فتعطي رائحة تشبه رائحة زيت كبد الحوت - فاذا ماتت تصاعدت منها الروائح العفنة - وهذه الطحالب تحدث متاعب جمة في عمليات تنقية المياه إذ تسبب في سد مسام المرشحات بسرعة تدعو إلى وقف تشغيل المرشحات في فترات متقاربة لغسلها واعدادها للتشغيل ثانياً ولذلك فإنه يجب العمل على منع تكاثرها . بل وإبادتها في المسطحات المائية - قبل أن تصل إلى محطات التنقية وذلك تخفيفاً للعبء عليها ومنعا للمتعاب في تشغيلها .

الباب الثالث

المياه الجوفية

مصادرها - تقدير كمياتها

Ground Water Supplies

٥ المياه الجوفية (وتسمى أحياناً بالمياه تحت السطحية) هي المياه التي تستمد من باطن الأرض وهي تتواجد على ارتفاعات مختلفة من سطح الأرض - فقد تكون قريبة منه حيث يسهل استغلالها دون عناء أو تكلفة اقتصادية كبيرة وقد تكون بعيدة عن سطح الأرض بحيث يصعب الوصول إليها أو يتعرض ذلك إلا بنفقات كبيرة .

٦ وتختلف كمية ما تجود به الأرض من مياه تبعاً لطبيعة تكوين التربة الأرضية : أصلها الجيولوجي ، التركيب الحبيبي للتربة ، التدرج الحبيبي للتربة . مسامية التربة ونسبة الفجوات في التربة ، الكثافة النسبية للتربة . إذ أن هذه العوامل مجتمعة تحدد قابلية التربة النفاذية للمياه فيها - كما تتوقف أيضاً على سبب ومصدر تواجد المياه داخل الأرض .

١ - الأصل الجيولوجي للتربة :

بالنسبة للأصل الجيولوجي للتربة فقد تتكون المياه الجوفية داخل الكتل النارية أثناء تبلورها إلى صخور ، أو تتكون نتيجة انحلال الهيلروجن والأكسوجين نتيجة التفاعلات الكيميائية المؤدية لتكوين هذه الصخور - وبدى أن هذه المياه تكون على أعماق ساحقة في جوف الأرض إلا أنها قد تجد طريقها إلى سطح الأرض خلال شقوق أو فوالق بين صخور القشرة الأرضية .

كذلك قد تتواجد المياه الجوفية في الصخور الرسوبية المسامية إذا تكونت هذه في قاع البحار أو البحيرات ، ثم احتبست المياه في المسام نتيجة لتكوين طبقات أخرى غير منفذة للمياه فوق هذه الصخور .

٧ - التركيب الحبيبي للتربة :

٨ تنقسم التربة تبعاً لتركيبها الحبيبي إلى مكونات رئيسية :
- الزلط (gravel) ، الرمل (Sand) ، الطمي (Silt) ، الطين

(Clay) . والحلول رقم (٣ - ١) يبين الأحجام التي تفصل بين هذه المكونات تبعاً لاقتراحات كل من الجمعية الدولية لعلم التربة (I. S. S. S.) ومعهد التكنولوجيا بأمریکا (M.I.T.) .

جدول رقم (٣ - ١)
التركيب الحبيبي للتربة

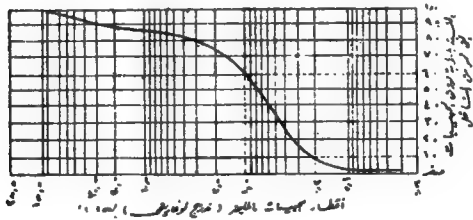
| الانقسامار بالمليمتر | | |
|----------------------|----------------------|---|
| نوع التربة | | تبعاً لاقتراح معهد التكنولوجيا تبعاً لاقتراح جمعية علم التربة |
| | | I. S. S. S. M. I. T. |
| زلط | أكبر من ٢ مم | أكبر من ٢ مم |
| رمل خشن . . | ٠,٦ مم - ٢ مم | ٠,٢ مم - ٢ مم |
| رمل متوسط . . | ٠,٢ مم - ٠,٦ مم | ٠,٠٦ مم - ٠,٢ مم |
| رمل ناعم . . | ٠,٠٦ مم - ٠,٠٢ مم | ٠,٠٠٦ مم - ٠,٠٢ مم |
| طين خشن . . | ٠,٠٢ مم - ٠,٠٠٦ مم | ٠,٠٠٢ مم - ٠,٠٠٦ مم |
| طين متوسط . . | ٠,٠٠٦ مم - ٠,٠٠٢ مم | ٠,٠٠٠٦ مم - ٠,٠٠٢ مم |
| طين ناعم . . | ٠,٠٠٢ مم - ٠,٠٠٠٦ مم | ٠,٠٠٠٢ مم - ٠,٠٠٠٦ مم |
| طين | أقل من ٠,٠٠٢ مم | أقل من ٠,٠٠٢ مم |

٣ - التلرج الحبيبي للتربة (Sieve analysis) :

والمقصود به هو نسبة تواجد حبيبات المكونات الرئيسية للتربة (الزلط الرمل . الطمي . الطين) في عينة التربة تحت الدراسة . ويتم تعيين هذه النسب معمالياً بأخذ عينة التربة وتخلها على مجموعة من المناخل كل منها بفتحات محددة على أن توضع المناخل فوق بعضها بحيث تتلرج فتحاتها إلى الصفر من أعلى إلى أسفل - ثم يوزن ما يتبقى من العينة فوق كل منخل -

ومن ثم يحدد أوزان الأجزاء من العينة التي تمر من كل منخل - ثم تحدد نسبة هذه الأوزان إلى الوزن الأصل للعينة ، على أن تمثل النتائج بيانيا على محورين : الأفقى وهو بالتدرج اللوغارىتمى ويوقع عليه الأحجام المختلفة للحبيبات - والرأسى وهو بالتدرج العادى ويوقع عليه نسبة الأوزان التي تمر من كل منخل إلى الوزن الأصل للعينة .

ويسمى المنحنى الناتج بمنحنى التدرج الحبيبي للتربة (شكل ٣ - ١) ومنه يمكن استنتاج الخواص المميزة للتربة والمؤثرة على مسامية التربة ونسبة الفجوات ومعامل نفاذية الماء في التربة . وأهم هذه الخواص : الحجم المؤثر أو الفعال ومعامل الانتظام .



(شكل رقم ٣-١)

الحجم المؤثر أو الفعال Effective size

ويعرف بأنه القطر بالمليمتر بحيث يكون ١٠٪ من حبيبات العينة بالوزن أصغر من هذا القطر (في الشكل الحجم الفعال هو ٠,٢ مم) .

معامل الانتظام Uniformity Coefficient

ويتم حسابه بتعيين القطر بالمليمتر بحيث يكون ٦٠ ٪ من حبيبات العينة (بالوزن) أصغر منه فإذا رمزنا لهذا القطر بالرمز (ق.١) ورمزنا للقطر الفعال بالرمز (ق.٢) كان معامل الانتظام مساوياً (ق.٢) مقسوماً على (ق.١) - (في الشكل ق.٢ = ١,٠٠ مم - ق.١ = ٠,٢ مم فيكون معامل الانتظام $\frac{1}{0.2} = 5$) .

وكلما كان القطر الفعال كبيراً ومعامل الانتظام صغيراً دل ذلك على كبر حبيبات التربة مع تقارب في حجم الحبيبات وزيادة في نفاذية التربة للماء - وكلما صغر القطر الفعال وكبر معامل الانتظام دل على ذلك صغر حبيبات التربة مع احتوائها على حبيبات متفاوتة الأحجام وما يتبع ذلك من صغر معامل نفاذية التربة للماء .

٤ - المسامية ونسبة الفجوات Porosity & Voids Ratio :

يتكون الحجم الكلى لعينة من التربة من حبيبات صلبة وفجوات أو مسام تتخلل هذه الحبيبات .

وتعرف مسامية التربة (Porosity) بالنسبة المئوية لحجم الفجوات أو المسام في عينة التربة إلى الحجم الكلى للعينة .

وتعرف نسبة الفجوات في التربة (Voids ratio) بأنها النسبة المئوية لحجم الفجوات أو المسام في العينة إلى حجم الحبيبات الصلبة في العينة .

والمعادلة $m = \frac{n}{n + 1}$ تبين العلاقة بين مسامية التربة ونسبة الفجوات فيها .

حيث m = مسامية التربة

n = نسبة الفجوات

وتتوقف نسبة الفجوات وكذلك المسامية لعينة من التربة على التركيب الحبيبي للتربة ، التدرج الحبيبي للتربة ، شكل الحبيبات ومدى استدارتها وكذلك على مدى تداخل حبيبات التربة لبعضها - وهذا يمكن قياسه بمعرفة الوزن الجاف لوحدة الحجم والكثافة النسبية للتربة .

الوزن الجاف لوحدة الحجم :

الوزن الجاف لوحدة الحجم هو وزن العينة من التربة مقسوماً على الحجم العينة (الحبيبات + الفجوات) - وهو يختلف عن كثافة المواد الصلبة إذ عند حساب كثافة المواد الصلبة يقسم وزن العينة الجافة على حجم الحبيبات الصلبة فقط .

لذلك يختلف الوزن الجاف لوحدة الحجم من عينة لأخرى من التربة تبعاً لتواجد حبيبات التربة بالنسبة لبعضها - أى مدى تداخل الحبيبات بين بعضها - فإذا أخذنا عينة من التربة في المعمل ووضعناها في أناء اسطوانى على طبقات كل طبقة بارتفاع سنتيمتر تقريباً ، بحيث تتعرض أثناء ذلك للاهتزازات خفيفة ، فإن هذه الاهتزازات تسبب تداخل الحبيبات فيما بينها بحيث يكون حجم الفجوات أقل ما يمكن ، وبالتالي يكون الحجم الكلى للعينة أصغر ما يمكن - وبمعرفة الوزن الجاف للعينة (ك_١) وحجم العينة في هذه الحالة (ح_١) يمكن حساب النهاية العظمى للوزن الجاف لوحدة الحجم من العلاقة :
$$\frac{ك_١}{ح_١} =$$

أما إذا أخذنا العينة في المعمل وخلخلت بحيث يكون حجمها أكبر ما يمكن وكان وزنها (ك_٢) وحجمها عندئذ (ح_٢) ، فيمكن تقدير النهاية الصغرى للوزن لوحدة الحجم بالعلاقة :
$$\frac{ك_٢}{ح_٢} =$$

وبدسبى أن التربة لا توجد فى الطبيعة بحيث يكون الوزن الحاف اوحدة الحجم منها مساوياً للنهاية الصغرى أو النهاية الكبرى لهذا الوزن - ولكنه يكون مساوياً لقيمة ما بين هاتين النهايتين - وكالما كان كبيراً دل ذلك على صغر حجم الفجوات بين الحبيبات أى صغر نسبة الفجوات وبالعكس كلما صغر دل ذلك على كبر حجم الفجوات أى كبر نسبة الفجوات - ويمكن توضيح هذه العلاقة حسابياً كالآتى :

يفرض حجم الحبيبات = ١ ، نسبة الفجوات = ق

∴ الحجم الفجوات = ق . الحجم الكلى = ١ + ق

وفرض ك = كثافة مادة الحبيبات ونساوى عادة ما بين ٢.٦٥ و ٢.٧٠ إلا إذا كانت السربة مكونة من مواد عضوية فتقل الكثافة إلى ما بين ١.٢ ، ١.٥ .

∴ وزن العينة = ك × حجم الحبيبات = ك × ١ = ك

إذن وزن وحده الحجم = و = $\frac{\text{وزن العينة}}{\text{الحجم الكلى}} = \frac{\text{ك}}{١ + ق}$

• - الكثافة النسبية للتربة :

وهذه طريقة أخرى للتعبير عن نسبة الفجوات فى التربة وكذلك عن الوزن الحاف لوحدة الحجم للتربة وهى تقلد حسابياً بالعلاقة :

$$\frac{\frac{1}{2.7}}{\frac{1}{2.7} + \frac{1}{2.65}} = \theta$$

- ١ حيث : و = الوزن الجاف للوحدة الحجم للترية
 ٢ و_١ = النهاية الصغرى للوزن الجاف لوحده الحجم
 ٣ و_٢ = النهاية الكبرى للوزن الجاف لوحدة الحجم
 ٤ ث = الكثافة النسبية .

فإذا عوضنا في هذه المعادلة بالعلاقة بين و_١ و و_٢ كما أوجدناها سابقاً

$$\frac{ك}{١ + ق} = \frac{ن - ن_٢}{ن - ن_١}$$

- ٥ حيث : ث = الكثافة النسبية
 ١ ن = النهاية الصغرى لنسبة الفجوات
 ٢ ن = النهاية الكبرى لنسبة الفجوات
 ٣ ن = النسبة الفعلية للفجوات في التربة

٣- نفاذية التربة للماء Permeability

من الدراسات السابقة يمكن أن نخلص إلى نتيجة هامة وهي أن قابلية التربة لنفاذية الماء خلالها تتوقف على :

- ١ - حجم حبيبات التربة
- ٢ - التدرج الحبيبي للتربة .
- ٣ - المسامية ونسبة الفجوات
- ٤ - تداخل الحبيبات فيما بينها .
- ٥ - الكثافة النسبية والوزن الجاف لوحدة الحجم للترية .

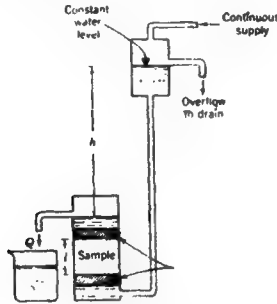
وجميع هذه العوامل - كما سبق بيانه - مرتبطة ببعضها . بل وهناك معادلات حسابية تبين العلاقة بينها - وجميعها تؤثر على معامل قابلية التربة لنفاذية الماء خلالها والتي تقاس بسرعة المياه خلال التربة « v » مقدره بالقدم أو المتر في وحدة الزمن عندما يكون ميل سطح المياه الجوفية ١ : ١ وهو ما يسمى بمعامل النفاذية (Permeability Coefficient) كما يقدر أحيانا هذا المعامل بمقدار التصرف الذي يمر خلال وحدة المساحات في وحدة الزمن (جالون / قدم^٢/يوم - متر^٣/متر^٢/يوم) عندما يكون ميل سطح المياه الجوفية يساوى واحد .

والجدول رقم (٣ - ١) يبين الحدود الصغرى والكبرى والقيمة المتوسطة لهذا المعامل مقدرأ بالتصرف وحدة الزمن خلال وحدة المساحات .

جدول رقم (٣ - ١)
معامل النفاذية لأنواع التربة المختلفة

| معامل النفاذية | | | | | | | | | |
|----------------|--|------------|-----|---------------------------------|-----|---|-----|-----------|--|
| نوع التربة | | مليجتر من | | ألف جالون/قدم ^٢ /يوم | | متر ^٣ /متر ^٢ /يوم | | إلى متوسط | |
| رمل دقيق جداً | | ٠,١ - ٠,١ | ٠,١ | ٠,٣ | ٠,٥ | ٠,٤ | ١٢ | ٢ | |
| رمل دقيق | | ٠,١ - ٠,٢٥ | ٠,٥ | ١,٠ | ٠,٣ | ٢ | ٤٠ | ١٢ | |
| رمل متوسط | | ٠,٢ - ٠,٥ | ٠,٣ | ٣,٠ | ٠,٦ | ١٢ | ١٢٠ | ٢٤ | |
| رمل خشن | | ٠,٥ - ١ | ١,٠ | ٥,٠ | ١,٥ | ٤٠ | ٢٠٠ | ٦٠ | |
| زلط رقيق | | ١ - ١ | ١,٠ | ١٠ | ٣,٠ | ٤٠ | ٤٠٠ | ١٢٠ | |
| زلط متوسط | | ٢ - ٥ | ٣ | ٢٠ | ٦٠ | ١٢٠ | ٨٠٠ | ٢٤٠ | |

ويمكن تقدير قيمة هذا المعامل معملياً بأكثر من طريقة. وأبسط هذه الطرق هو أن تؤخذ عينة من التربة لتوضع في الجهاز الموضح في شكل (٣ - ٢) ثم يضغط الماء لينفذ في العينة من أسفل إلى أعلى تحت ضغط ثابت قدره H وبعد التأكد من طرد الهواء من مسام العينة ، تجمع المياه التي تمر في العينة خلال فترة زمنية ما - وبالتعويض في أحد المعادلات التي توضح سير المياه في الطبقات المسامية يمكن الحصول على قيمة معاملة النفاذية K .



(شكل رقم ٣ - ٢)

وأهم هذه المعادلات : معادلة دارسي ، معادلة وليم وهيزن . معادلة فيروهاثس .

١ - معادلة دارسي (Darcy eq.)

وأهم هذه القوانين معادلة دارسي « Darcy » التي تنص على أن سرعة المياه خلال الطبقات المسامية تتناسب طردياً مع الميل الهيدروليكي أى ميل سطح المياه الجوفية .

$$V = KS \quad \text{أى أن :}$$

$$Q = KAS$$

حيث V = السرعة تسرب المياه في التربة

S = الميل الهيدروليكي للمياه الجوفية وهو يساوى ميل سطح المياه الجوفية .

A = مساحة القطاع الذى تسرب خلاله المياه الجوفية .

Q = التصرف .

K = معامل النفاذية .

وفى هذه المعادلة يجب التنويه بأن هذه السرعة « V » ليست السرعة الحقيقية التى تسرب بها المياه داخل مسام التربة ، ولكنها سرعة نظرية بافتراض أن الماء يسير فى أنبوبة مساحة مقطعها تساوى المساحة الاجمالية لقطاع فى طبقة التربة التى تسرب فيها المياه ولما كانت مساحة مسام التربة أقل من المساحة الاجمالية لمقطع التربة فان السرعة الحقيقية التى تسرب بها المياه داخل المسام أكبر من هذه السرعة النظرية . وكذلك بالنسبة للمساحة « A » فهى لا تمثل المساحة الحقيقية للمسام التى تسرب فيها المياه ولكن تمثل المساحة الاجمالية لمقطع التربة التى تتخللها المياه .

كما يلاحظ أن هذه المعادلة توضح أن العلاقة بين سرعة تسرب المياه فى التربة « V » والميل الهيدروليكي هى علاقة خطية - وهى علاقة تتحقق باستمرار الا فى حالة تسرب الماء خلال مسام الزلاط .

وبالإشارة إلى التجربة السابقة يمكن تطبيق هذه المعادلة بعد تعديل فيها كالآتي :

$$Q = K A S = \frac{V}{T} = K A \frac{H}{L}$$

$$\therefore K = \frac{VL}{TAH}$$

حيث V = حجم المياه التي مرت في فترة التجربة .

T = طول فترة التجربة .

Q = معدل التصريف المار في العينة .

A = مساحة مقطع العينة .

L = طول العينة .

H = الضغط الهيدروليكي على العينة .

K = معامل نفاذية العينة مقدراً بكمية المياه التي تمر في وحدة

المساحات في وحدة الزمن .

— معادلة وليم وهيزن William & Hazen

$$V = C d^2 \frac{H}{L} \left(\frac{T + 10}{60} \right)$$

حيث V = السرعة بالمتر في اليوم .

C = معامل يتراوح بين ٤٠٠ و ١٢٠٠ .

d = الحجم الفعال لحبيبات التربة .

$\frac{H}{L}$ = ميل سطح المياه الجوفية وتساوى واحد عند حساب قيمة

المعامل « K » .

T = درجة الحرارة بالقياس الفهرنهايتي .

٣ - معادلة فيرو هاتش (Fair & Hatch)

$$S = \frac{5}{g} \frac{u}{p} v \left(\frac{1-f}{p} \right)^2 \left(\frac{A}{V} \right)^2$$

حيث S = الميل الهيدروليكي للمياه الجوفية أى ميل سطح المياه

الجوفية - ويساوى واحد عند حساب قيمة المعامل « K » .

g = العجلة الأرضية .

u = لزوجة الماء

p = كثافة الماء .

v = السرعة بالسنتيمتر في الثانية .

f = درجة المسامية (Porosity Ratio) = $\frac{\text{حجم المسام}}{\text{الحجم الكلى}}$

A = المساحة السطحية لحبيبات التربة .

V = حجم حبيبات التربة .

ويمكن تقدير قيمة معامل النفاذية « K » للتربة مقدراً بسرعة تسرب الماء

في التربة باستعمال المعادلات السابقة على أن يعوض فى أى منها بواحد للميل الهيدروليكي للمياه الجوفية .

مثال : إذا أعطيت البيانات الآتية أوجد قيمة معامل النفاذية « K »

باستعمال معادلة وليم وهيزن ومعادلة فيرو هاتش .

$$f = 40\%$$

$$d = 0.35 \text{ مم}$$

$$u = 0.0131$$

$$t = 50 \text{ درجة}$$

$$C = 750$$

الحل : باستعمال معادلة وليم وهيزن :

المعامل « K » يساوى السرعة « v » عندما يكون الميل الهيدروليكي أى
يساوى واحد .

$$\begin{aligned} V &= C d^{\frac{2}{3}} \frac{H}{L} \left(\frac{T + 10}{60} \right) \\ &= 650 \times (0.35)^{\frac{2}{3}} \times 1 \times \left(\frac{50 + 10}{60} \right) \\ &= 79.5 \text{ m/day} = 0.0922 \text{ cm/sec} \\ &= 0.003 \text{ ft/sec} \end{aligned}$$

أى أن معامل النفاذية « K » لهذه التربة يساوى :

| | |
|-----------|--------|
| متر/اليوم | ٧٩,٥ |
| سم/ثانية | ٠,٠٩٢٢ |
| قدم/ثانية | ٠,٠٠٣ |

الحل : باستعمال معادلة فير وهاتش :

$$S = \frac{5}{8} \frac{n}{p} v \frac{(1+f)^{\frac{1}{2}}}{f^{\frac{1}{2}}} \left(\frac{A}{V} \right)^{\frac{2}{3}}$$

والمعامل « K » يساوى السرعة « v » عندما يكون الميل الهيدروليكي
« S » يساوى واحداً .

$$\frac{\pi D^3}{6} = V = \text{الحجم للجبية الواحدة}$$

$$\pi D^2 = A = \text{المساحة السطحية للجبية الواحدة}$$

$$17.0 = \frac{6}{0.35} = \frac{6}{D} = \frac{A}{V} \therefore$$

$$1 = \frac{5}{981} \times 0.01315 \times v \times \frac{(1 + 0.4)^2}{(0.4)^2} (17)^2$$

$$\therefore V = 0.0925 \text{ cm/sec}$$

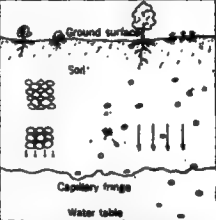
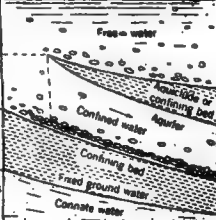
$$= 0.003 \text{ ft/sec}$$

أى أن معامل النفاذية « K » لهذه التربة يساوى :

سم / ثانية ٠,٠٩٢٥

قدم / ثانية ٠,٠٠٣ =

٧ - موضع المياه تحت الأرضية تبعاً بالنسبة لسطح الأرض ونشأتها ومصدرها
تنقسم المياه تحت الأرضية بالنسبة لمصدر تواجدها في طبقات الأرض
ونشأتها إلى قسمين رئيسيين : (شكل ٣ - ٣) .

| | | |
|---|---|--|
| Under - Saturated Zone or Zone of Aeration Unsaturated Water | Soil water is near enough to the surface to be reached by the roots of common plants. Some soil water remains after plants begin to wilt. |  |
| | Stored in pellicular water adheres to soil particles and is not moved by gravity. | |
| | Gravity or viscous water moves down by gravity throughout zone. | |
| Saturated Zone Ground Water or Phreatic Water | Capillary water occurs only in the capillary fringe at bottom of the zone of aeration. |  |
| | Free water occurs below the water table. Movement controlled by the slope of the water table. | |
| | Confined or artesian water occurs beneath a confining stratum. Moves laterally as water in a pressure conduit. | |
| | Fixed ground water occurs in subcapillary openings of clays, silts, etc. Not moved by gravity. | |
| | Connate water entrapped in rocks at the time of their deposition. | |

(١) مياه تواجدت في الصخور النارية أثناء تبلورها من الكتل النارية في باطن الأرض أو في الصخور الرسوبية أثناء تكوينها في قاع البحار والبحيرات - وكلاهما لا يمثل مصدراً رئيسياً للمياه تحت الأرضية يمكن الاعتماد عليها لامتدادها المجموعات السكنية بالمياه - ويطلق على هذه المياه اسم "Connate Water" أى التى تواجدت ونشأت أثناء تواجد غيرها إذ أنها تواجدت في الصخور أثناء تكوين هذه الصخور - وهذه المياه تتواجد على أعماق ساحقة في باطن الأرض تقاس بالكيلومترات وهى محدودة الحركة نظراً لأنها تتواجد في صخور غير منفذة للمياه - إلا أنها قد تصل إلى سطح الأرض عن طريق الشقوق والفوالق التى قد تحدث في القشرة الأرضية .

(ب) أما المصدر الرئيسى للمياه تحت الأرضية فهو ما يتسرب في باطن الأرض من مياه الأمطار ومياه الأنهار والبحيرات العذبة ، وجميع هذه تأتي أصلاً من الأمطار ولذلك تسمى أحياناً بالمياه تحت الأرضية الناتجة من المياه الجوفية .

هذه المياه المتسربة من الأمطار والأنهار تتواجد في باطن الأرض على طبقات متميزة :

- ١ - منطقة متشعبة بالمياه أى أن جميع مساهمها ممتلاء بالمياه وفي هذه المنطقة تكون المياه حرة الحركة في الاتجاه الجانبي - ويحدها من أعلا المستوى المائى ويسمى " مستوى المياه الجوفية " (Ground Water table) - وهو غير ثابت المنسوب وإنما ينخفض ويرتفع تبعاً لظروف عدة أهمها نوافر الأمطار ، العوامل الجيولوجية ، والعوامل الطبوغرافية ، اقتراب المنطقة من الأنهار والبحيرات... وتسمى هذه المياه بالمياه الأرضية (Ground water)
- ٢ - وتتلوهذه المنطقة ، منطقة أخرى تتواجد فيها المياه إلا أنها لا تملأ جميع مسام التربة أو فجواتها - إذ يتواجد بعض الهواء على هيئة فقاعات

منفصلة عن بعضها - وتسمى هذه المنطقة بمنطقة مياه الخاصة الشعرية (Capillary water zone) ويتوقف سمك هذه الطبقة فوق منسوب المستوى المائي على الخواص الطبيعية للتربة وأهمها : اتساع مسام التربة (كلما ضاقت زاد السمك) قطر الحبيبات (كلما صغر زاد السمك) - قوة الجذب أو التوتر السطحي ما بين حبيبات التربة وقطرات الماء .

٣ - ثم تملأ منطقة مياه الخاصة الشعرية ، منطقة أخرى تتواجد فيها المياه على هيئة رقائق تغلف حبيبات التربة ، إلا أن فقائيع الهواء في هذه المنطقة تأخذ في الاتصال مع بعضها - وتسمى هذه المنطقة بمنطقة مياه التوتر أو الجذب السطحي (Surface tension zone) .

٤ - وكلما اتجهنا إلى أعلا نجد أن الأغلفة المائية الرقيقة المحيطة بحبيبات التربة تأخذ في التلاشي مع ازدياد كمية الهواء في المسام حتى تصل في النهاية إلى نقط متقطعة من الماء تتواجد عند تلامس حبيبات التربة مع بعضها بينما تصبح فقائيع الهواء جميعها متصلة ببعضها وتملأ جميع الفجوات .

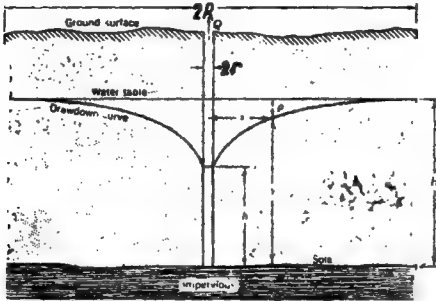
وتعتبر الآبار بأنواعها المختلفة (والتي سيجيء ذكرها تفصيلا في الباب الرابع) وكذلك خنادق الرشيع ، أهم الطرق للحصول على المياه الجوفية واستعمالها كمصدر للمياه ، وذلك بعد التأكد من توافر كميته ومطابقتها للمواصفات الصحية كما جاء في الباب الأول والثاني .

ويمكن تقدير كمية المياه التي يمكن ضخها من الآبار بتطبيق الأسس والقوانين الهيدروليكية التي تربط ما بين العوامل المؤثرة على سير المياه من الطبقات المسامية إلى الآبار - وهذه في أبسط صورها كالآتي :

١ - القوانين الهيدروليكية للآبار العادية (Hydraulics of Ordinary Wells) :

إذا أخذنا قطاعاً رأسياً في بئر والتربة المحاورة له ورصدنا منسوب المياه في البئر والتربة أثناء سحب الماء من البئر نجد أن الخط الواصل بين هذه المناسيب

هو عبارة عن مخروط مقاوب قاعدته إلى أعلى ورأسه عبارة عن منحنى ورأسه هو منسوب المياه في البئر أثناء السحب وهو ما يسمى مخروط الانخفاض أو المبوط (شكل ٣ - ٤) .



(شكل رقم ٣ - ٤)

ومعادلة راسم المخروط أى منحنى هبوط منسوب المياه الجوفية في المنطقة المحيطة بالبئر هي المعادلة رقم (٥) (Draw - down Curve) وبالتعمييض بقيم مختلفة للحد (y) يمكن إيجاد قيمة الحد (x) وبذلك يمكن رسم وتوقيع هذا المنحنى . بينما تعطى المعادلة رقم ٦ تصرف البئر في وحدة الزمن :

$$(5) \dots Q = \frac{\pi k (H^2 - y^2)}{\log_e R/x} = \frac{n k (H^2 - y^2)}{2.3 \log_{10} R/x} = 1.36 k \frac{(H^2 - y^2)}{\log_{10} R/x}$$

$$(6) \dots Q = \frac{\pi k (H^2 - h^2)}{\log_e R/r} = \frac{n k (H^2 - h^2)}{2.3 \log_{10} R/r} = 1.36 k \frac{(H^2 - h^2)}{\log_{10} R/r}$$

حيث $Q =$ معدل التصرف .

$K =$ معامل النفاذية (جولول رقم ٣ - ١) .

$H =$ الارتفاع الأصلي للمياه الجوفية (قبل السحب)

$h =$ ارتفاع المياه الجوفية في البئر أثناء السحب .

$R =$ نصف قطر دائرة تأثير البئر (نصف قطر قاعدة المخروط)

$r =$ نصف قطر البئر .

ويلاحظ أنه كلما زاد التصرف انخفض منسوب المياه في البئر (h)

كما زاد نصف قطر دائرة تأثير البئر (R) .

وبديهي أنه لمعرفة تصرف بئر (Q) يعوض في المعادلة بقيمة الحدود الأخرى وبمراجعة هذه الحدود نجد أن جميعها يمكن معرفتها الانصف قطر دائرة تأثير البئر " R " التي تتغير بتغير (h) ، (Q) إلا أنه يلاحظ أن التغير في قيمة (R) لا يؤثر تأثير كبيراً على قيمة (Q) وبذلك يمكن كتقدير تقريبي للتصرف اعتبار قيمة (R) تساوى ما بين ٣٠٠ و ٤٠٠ متر (١٠٠٠ و ١٢٥٠ قدم) .

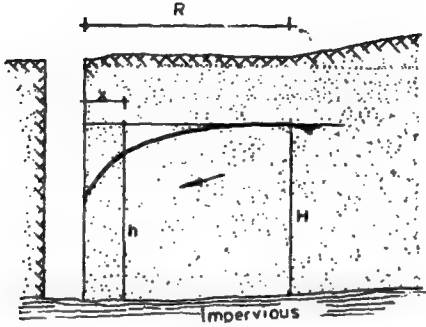
ب - الهوائين الهيدروليكية للآبار الارتوازية Hydraulics of Artesian

بالإشارة إلى (شكل رقم ٣ - ٥) نجد أن :

$$(7) \dots Q = 2 \pi k m \frac{H - y}{\log_e R/x} = \frac{2 n K m}{2.3} \frac{(H - y)}{\log R/x}$$

وهذه هي معادلة منحنى هبوط منسوب المياه الجوفية Drawdown Curve

$$(8) \dots Q = 2 \pi k m \frac{(H - h)}{\log_e R/r} = \frac{2 n k m}{2.3} \frac{(H - h)}{\log_{10} R/r}$$



(شكل رقم ٣ - ٦)

وهذه هي معادلة منحنى هبوط منسوب المياه الجوفية في المنطقة المحيطة بالبر (Drawdown Curve) أما المعادلة التي تعطى تصرف خندق الرشيع في أبسط صورها فهي :

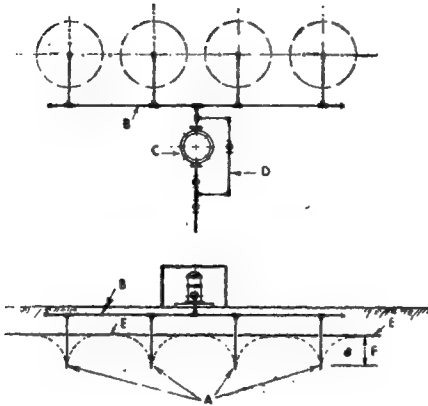
$$Q = \frac{\pi K}{2R} (H^2 - h^2)$$

وذلك إذا كانت المياه تنسرب في الخندق من جانب واحد فقط .

التداخل بين الآبار (Interferenc between Wells)

يلاحظ أنه إذا تواجد بئران كل منهما يسحب المياه من نفس الطبقة الأرضية التي يسحب منها الآخر المياه ، فإن التصرف من كل بئر يتأثر بتصرف البئر الآخر - ويتوقف هذا التأثير على المسافة بين البئرين (شكل ٣ - ٧)

وللحد من هذا التأثير يجب مراعاة :



(شكل رقم ٣-٧)

١ - ألا تقل المسافة بين البئرين عن مجموع نصفى قطر دائرتى تأثر البئرين .

٢ - ألا يكون الخط الواصل بين البئرين موازياً لاتجاه سير المياه الجوفية بل يكون عمودياً على هذا الاتجاه قدر الامكان .

طرق سريعة لتقدير تصرف الآبار :

وهناك أكثر من طريقة سريعة لتقدير تصرف الآبار إما بطرق عملية فى الموقع أو بطرق حسابية مبسطة - ومن هذه الطرق ما يأتى :

أولاً : طرق حسابية تقريبية سريعة (وهى تستعمل فى حالة الآبار المدقوقة

والمنحوتة) :

(١) اعتبار سرعة الماء في ماسورة السحب من البئر لا تتجاوز متراً واحداً في الثانية :

فاذا كان قطر هذه الماسورة ٨ بوصة (٢٠ سم) مثلاً كان التصريف المنتظر من البئر يساوى السرعة مضروباً في مساحة مقطع الماسورة .

أى أن التصريف = السرعة × ط نق ٢

$$0,10 \times 0,10 \times 3,14 \times 1 =$$

$$= 0,314 \text{ متر}^3 \text{ :ثانية}$$

$$= 31,4 \text{ لتر /ثانية} = 113 \text{ متر}^3 \text{ /ساعة}$$

(ب) اعتبار التصريف بالمتر، الثانية = نصف مربع القطر (البوصة) :

فاذا كان قطر ماسورة البئر = ٨ بوصة .

$$\text{إذن التصريف} = 0,50 \times (8)^2 = 32 \text{ لتر / الثانية} = 11 \text{ متر}^3 \text{ / ساعة}$$

ثانياً : طرق تقريبية عملية سريعة (تستعمل في حالة الآبار المحفورة) :

(١) باستعمال طلعية متغيرة السرعات لسحب المياه من البئر :

تركب على البئر طلعية متصلة بموتور متغير السرعة مع ملاحظة المياه في البئر عند التشغيل على السرعات المختلفة حتى يثبت منسوب الماء في الماء من التربة إلى البئر . عندئذ يكون التصريف المنتظر من البئر مساوياً لتصريف الطلمبة

(ب) يتم تفريغ البئر - حتى منسوب ما - بواسطة طلعية قوية ثم يلاحظ الزمن اللازم لارتفاع الماء في البئر حتى منسوبه الأصلي مرة/ثانية - فيكون معدل دخول الماء في البئر على وجه التقريب مساوياً لحجم الماء في البئر مقسوماً على الزمن اللازم لأن يمتلئ البئر .

$$\text{أى أن التصريف} = \frac{\pi D^2 H}{4 T}$$

حيث D = قطر البئر

H = الفرق بين المنسوب الأصلي للمياه والمنسوب الذي انخفض إليه الماء .

T = الزمن اللازم لأن يمتلئ البئر .

امثلة محلولة :

(١) إذا أعطيت : قطر البئر = ١٢

التصرف = ٢٠٠٠ جالون / الدقيقة

ارتفاع المياه في البئر قبل السحب = ١٠٠ قدم

ارتفاع المياه في البئر أثناء السحب = ٩٠ قدم

أوجد : التصرف عندما يكون ارتفاع الماء في البئر يساوي خمسين قدماً .

الحل : نفترض أن قطر دائرة التأثير لا يتغير في الحالتين .

$$Q = 1.36 K \frac{(H^2 - h^2)}{\log R/r}$$

$$\therefore \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{(H^2 - h_1^2)}{(H^2 - h_2^2)}$$

$$\frac{Q_1}{2000} = \frac{100^2 - 50^2}{100^2 - 90^2} = \frac{75}{19}$$

$$\therefore Q_1 = \frac{75}{19} \times 2000 = 7900 \text{ gall/min.}$$

(٢) إذا أعطيت : قطر البئر = ١٢

ارتفاع المياه في البئر قبل السحب = ٤٠ قدم
ارتفاع المياه في البئر أثناء السحب = ٣٠ قدم
معامل النفاذية = ٣٠٠ جالون/ قدم ١/٢ يوم

أوجد : التصرف من البئر

الحاصل :

$$Q = 1.36 K \frac{(H^2 - y_s^2)}{\log R/x} \quad \text{المعادلة :}$$

نفترض $R = 1000$ قدم

$$\therefore Q = 1.36 \times 300 \frac{(40^2 - 30^2)}{\log \frac{1000}{1}}$$

$$= 68000 \text{ gal/day.}$$

(٣) إذا أعطيت : أنه عند سحب المياه من بئر ١٢ بمعدل ٥٠٠ جالون؛

الدقيقة . انخفض منسوب المياه في بئر آخر على مسافة
٥٠ قدم بمقدار ٨ قدم . وفي بئر آخر على مسافة
١٥٠ قدم انخفض منسوب المياه ٣ أقدام - مع العلم
بأن عمق المياه الأصلي في البئر المستعمل هو ٨٠ قدم

أوجد : التصرف النوعي للبئر (Specific yield)

ملحوظة : التصرف النوعي للبئر هو التصرف عند انخفاض المياه

بمقدار قدم عن منسوب المياه الأصلي في البئر قبل
السحب .

الحل

$$Q = 1.36 K \frac{(H^2 - h^2)}{\log R/r} \quad \text{المعادلة :}$$

هى معادلة منحنى هبوط منسوب المياه الجوفية حول البئر
(Draw down curve) وبالتعويض فى هذه المعادلة
بأبعاد وأعماق المياه فى الآبار المجاورة للبئر المستعمل
، وكذلك نتصرف من البئر المستعمل نجد أن :

للبيئر الأول :

$$500 = 1.36 K \frac{(80^2 - 77^2)}{\log R/50}$$

للبيئر الثانى :

$$500 = 1.36 K \frac{(80^2 - 77^2)}{\log R/150}$$

ونحل ناتجى المعادلتين الأتيتين للجهولين R ، K

$$\text{نجد أن } K = ٠.٢٣٢ \text{ جالون/ قدم}^2 \text{ / يوم}$$

$$R = ٣٠٠ \text{ قدم}$$

(٤) مياه جوفية تدخل بئر خلال مصفاة ذات قطر ١٥ سم فإذا علمت أن

مساحة الثقوب تساوى ٢٠ ٪ من مساحة المصفاة وأن التصريف مقداره

$$٤٤ \text{ لتر/ث} \text{ والفاقد فى الضغط قدره } ١.5 \frac{V^2}{2g} \text{ حيث } V = ٠.٧$$

السرعة خلال الثقوب - احسب أقل طول للمصفاة الذى يعطى فاقد

فى الضغط قدره ١.٥ سم .

الحل :

$$\text{headloss} = h = 1.5 \frac{V^2}{2g} \quad \text{المعادلة :}$$

$$\therefore 1.5 = 1.5 \frac{V^2}{2g}$$

$$V = \sqrt{2g} = \sqrt{2 \times 981} = 44.3 \text{ cm/sec}$$

$$\therefore Q = 0.80 \pi D L V$$

$$44 \times 1000 = 0.20 \times 3.14 \times 15 \times 44.3 \times L$$

$$\therefore L = 105.0 \text{ cm}$$

(٥) بئر عادى ذو قطر ٢٤ بوصة يعطى تصرفا قدره ١٠٠ لتر/ث عند

انخفاض فى منسوب البئر عن المنسوب الأصل للمياه الجوفية قدره

٥,٠٠ متر -العمق الأصل فى البئر ٣٠ متر ونصف قطر دائرة التأثير ٣٠٠ متر

احسب : ١- معامل النفاذية بالمتر ٣/م اليوم ٢- ميل سطح المياه الجوفية

الحل :

$$100 \text{ litre/sec} = 86.4 \text{ m}^3/\text{day} \quad D = 24^{11} = 0.6/\text{m}$$

$$Q = \frac{\pi K (H^2 - h^2)}{2.3 \log R/r}$$

$$Q = 100 \text{ lit/sec} = 8640 \text{ m}^3/\text{day}$$

$$\therefore 8640 = \frac{1.36 K (30^2 - 25^2)}{\log \frac{300}{0.3}}$$

$$K = \frac{8640 (3.0)}{275 \times 1.36} = 69.5 \quad m^3/m^2/day$$

$$Q = A \times V$$

$$\text{Where } A = H (2 R) \quad \& \quad V = K. S$$

$$\therefore 8640 = \frac{600 \times 30 \times 69.5}{8640} S$$

$$S = \frac{8640}{600 \times 30 \times 69.5} = 0.0069.$$

(٦) بئر توازى ذو قطر ١٢ بوصة يعطى تصرفاً قدره ٥٤٦٠ م^٣/اليوم عند انخفاض فى منسوب المياه فى البئر عن المنسوب الأسمى للمياه الجوفية قدرة ٥.٠٠ متر . فإذا علمت أن عمق المياه فى البئر فى حالة عدم السحب ٢٤ متر وعمق الطبقة الحاملة للمياه ٢٠ متراً - احسب : معامل النفاذية بالمتر^٣/القدم ٢ /اليوم . وإذا علمت أن ميل سطح المياه الجوفية ١٠.٠٠٥ احسب سرعة هذه المياه . (افرض نصف قطر دائرة التأثير ١٥٠ متر) .

الحسب :

$$Q = \frac{2 \pi K m (H - h)}{2.3 \log \frac{R}{r}}$$

$$5460 = \frac{2 \times 3.14 \times 40 K \times 5}{2.3 \log \frac{150}{.15}}$$

$$\therefore K = 60 \quad m^3/m^2/day$$

$$\therefore V = K. S = 60 \times \frac{5}{1000} = 0.3 \quad m/sec$$

(٧) إذا علمت أن قطر بئر توازى ١٢ بوصة ونصف قطر دائرة التأثير ١٥٠ متر وانخفاض سطح المياه في البئر عن المنسوب الأصلي للمياه الجوفية ٧ متر في حالة تصرف مقداره ٢٧٣٠ م^٣/اليوم . احسب :
التصرف لانخفاض سطح المياه في البئر قدره ٢١ متر بفرض نصف قطر دائرة التأثير ثابت .

الحل :

$$\begin{aligned}
 Q_1 &= 2730 \text{ m}^3/\text{sec} & H-h &= 7.0 \text{ m} \\
 Q &= \frac{2 \pi K m (H-h)}{R} \\
 Q_2 &= 2730 = \frac{2 \pi K m (7)}{R} \\
 Q_2 &= \frac{2 \pi K m (21)}{R} \\
 \frac{2730}{Q_2} &= \frac{7}{21} \quad \therefore Q_2 = 8190 \text{ m}^3/\text{day}
 \end{aligned}$$

(٨) إذا علمت أن عمق المياه في بئر عاوى ١٥ متر في حالة عدم التصرف وقطره ٣٠ سم والانخفاض في منسوب البئر عن المنسوب الأصلي للمياه الجوفية مقداره ٣ متر ومعامل النفاذية ١١,٤ م^٣/٢م/اليوم . أوجد التصريف الناتج (افرض نصف قطر دائرة التأثير ٣٠٠ متر) .

الحل :

$$K = \frac{11.4 \text{ m}^3/\text{day}}{\pi k (H^2 - h^2)}$$

$$Q = \frac{R}{2.3 \log \frac{r}{r_0}}$$

$$= \frac{1.365 (11.4) (15^2 - 12^2)}{\log \frac{300}{0.15}}$$

$$Q = \frac{1.365 \times 11.4 \times 81}{3.3010} = 38.2 \text{ m}^3/\text{day}$$

(٩) إذا علمت أن قطر بئر عادى ٣٠ سم وعمق المياه فيه ٣٠ متر في حالة عدم السحب . وعند انخفاض منسوب المياه في البئر عن المنسوب الأصلي للمياه الجوفية مقداره ٣٠٠ متر كان التصرف قدره ٢٤٣٠ م^٣/م^٢/اليوم . أوجد التصرف في حالة انخفاض منسوب المياه بمقدار ١٧ متر .

الحل

$$Q_1 = \frac{2430 \text{ m}^3/\text{day}}{\pi K (30^2 - 27^2)}$$

$$Q_1 = \frac{R}{2.3 \log \frac{r}{r_0}} = 2430$$

$$Q_2 = \frac{R}{2.3 \log \frac{r}{r_0}} = \frac{\pi K (30^2 - 13^2)}{2.3 \log \frac{r}{r_0}}$$

$$\frac{2430}{Q_2} = \frac{30^2 - 27^2}{30^2 - 13^2} = \frac{171}{731}$$

$$\therefore Q_2 = \frac{2430 \times 0.231}{10380} = 10380 \text{ m}^3/\text{day}$$

(١٠) إذا عمل اختبار حفرة لمنطقة تبارار توازية وحصلت على البيانات الآتية :-

| | | | | | | | | | | |
|--------------|----------------|-------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------|
| العمق بالمتر | صفر | ٢ | ٢ | ١٥ | ١٥ | ٣٥ | ٣٥ | ٥٠ | ٥٠ | النهاية |
| نوع التربة | الطبقة السطحية | طينية | طينية | رمل | طين | رمل | طين | رمل | طين | طين |

وان منسوب المياه أثناء عدم تشغيل الطلمبات يصل إلى ٣ متر فوق سطح الأرض . وأن القطر الفعال للرمل ٤ م . أوجد التصريف لبئر قطره ٣٠ سم لانخفاض في سطح المياه قدره ١٢ متر . افرض نصف قطر دائرة التأثير ٣٠٠ متر . معامل التفافية لهذا النوع من الرمل ٢٣ م^٢/م^٢/اليوم .

الحـلـ

$$h = 12.0 \text{ m} \quad K = 23 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{day}$$

$$H = 50 + 3 = 53 \text{ m} \quad R = 300 \text{ m}$$

$$Q = \frac{2 \pi K m (H - h)}{2.3 \log \frac{R}{r}}$$

$$= \frac{2.37 (15) (53 - 12)}{\log \frac{300}{0.15}}$$

$$Q = \frac{1680}{3.3010} = 510 \text{ m}^3/\text{day}$$

الباب الرابع

امداد القرى والمباني المنعزله بالماء

Rural Water Supplies

تتميز عمليات امداد القرى والمساكن المنعزلة بصغر حجمها نظراً لقلة كمية المياه المستعملة فيها مما يزيد من تكاليفها بالنسبة لكل فرد من المتفعين بها أو بالنسبة لكل متر مكعب من تصرفها . الا أنه من المسلم به أن هذه الحقيقة يجب ألا تعارض مع ضرورة احتفاظ المياه بصلاحياتها للاستعمال - على أن يتم ذلك بإشراف فني بسيط نظراً لعدم توافر الإشراف الفني الدقيق بالمستوى العالى فى هذه القرى النائية عامة وفى حالات امداد منزل خاص منعزل بالمياه الصالحة للاستعمال خاصة .

ويبدو أنه فى القرى والمساكن المنعزلة أسوة بالمدن الكبرى يمكن الاعتماد على ميساء الأمطار والمياه الجوفية والمياه السطحية كمصدر للمياه طالما أمكن توفيرها وجعلها صالحة اقتصادياً وإشراف فني بسيط كما سبق ذكره .

١ - مياه الأمطار :

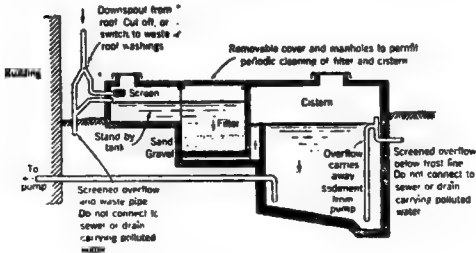
وهذه يمكن الاعتماد عليها لامداد المساكن المنعزلة والمباني فى المزارع الخاصة فى الأماكن الممطرة حيث لا تتوافر المياه الجوفية الصالحة للاستعمال - وهذا يستلزم اعداد مسطحات بالمساحات اللازمة لاستقبال مياه المطر - ومنها تسيل إلى خزانات خاصة حيث تخزن للاستعمال ما بين فترات الأمطار فى المنطقة وتتوقف مساحة هذه المسطحات وكذلك حجم هذه الخزانات، على طول الفترة ما بين العواصف الممطرة وكذلك على كمية المياه المطلوبة للاستعمال.

ومياه الأمطار - كما سبق الإشارة إليه - تتميز بأنها أقرب ما يكون إلى المياه المقطرة . الا أنها بمجرد ملامستها للمسطح المستقبل لها ، تزول عنها هذه الصفة نظراً لتلوّثها بما قد يتواجد على هذا المسطح من مصادر التلوّث . لذلك يجب العناية التامة بهذا المسطح الذى غالباً ما يكون هوسقف المنزل

المنزل الذى تجمع المياه ليستعملها سكانه - وتم هذه العناية بجعله أملياً حتى لا تلتصق به ما أمكن ذرات التراب العالقة في الجو ، كذلك تنظيفه دورياً من أوراق الشجر المتطاير في الجوفى المناطق الريفية ، ويحسن أن يصقل بأنواع الأسمنت أو الطلاء التى لا تسبب طعماً أو رائحة للمياه .

وتجمع مياه المطر من الأسطح لتسير في ماسورة رأسية لتصل بها إلى خزان مياه المطر الذى غالباً ما يكون تحت سطح الأرض - على أن يراعى في اختيار موضعه أن يبعد عن مصادر التلوث بما لا يقل عن ثلاثة أمتار على أن يبنى هذا الخزان من الطوب بمونة الأسمنت والرمل أو الخرسانة العادية أو المسلحة على أن يراعى في جميع الأحوال إضافة المواد اللازمة لجعل الخرسانة غير منفذة للمياه - كذلك تبطين الخزان بمونة الأسمنت والرمل بسمك سنتيمتران على أن تصقل بمونة الأسمنت الصافي - وكذلك وضع طبقة عازلة من الخارج بكامل محيط المبنى .

كما يفضل دائماً أن تمر المياه قبل دخولها من سطح الاستقبال إلى الخزان على مرشح رملي صغير ليتم في مسام هذا المرشح حجز الشوائب التى تكون قد علقت بالمياه أثناء جريانها وتجميعها من السطح المستقبل لها (شكل ٤ - ١)



(شكل رقم ٤ - ١)

ويجب أن يزود الخزان بفتحات الكشف على داخله كلما احتاج الأمر على أن تغطي هذه الفتحات بالأغطية المحكمة اللازمة لمنع احتمال أى تلوث سطحي - كما يزود الخزان بطلمبة أما يدوية أو ميكانيكية لرفع المياه من الخزان إلى المنزل - كذلك يزود الخزان بمخرج للفائض (Overflow) عند منسوب معين - فإذا زاد الماء عن هذا المنسوب خرج إلى مصرف مجاور . (شكل ٤ - ١) كما يجب أن يزود بما سورة مركب بها صمام لتفريغ الماء من الحوض إلى هذا المصرف عند الحاجة إلى ذلك .

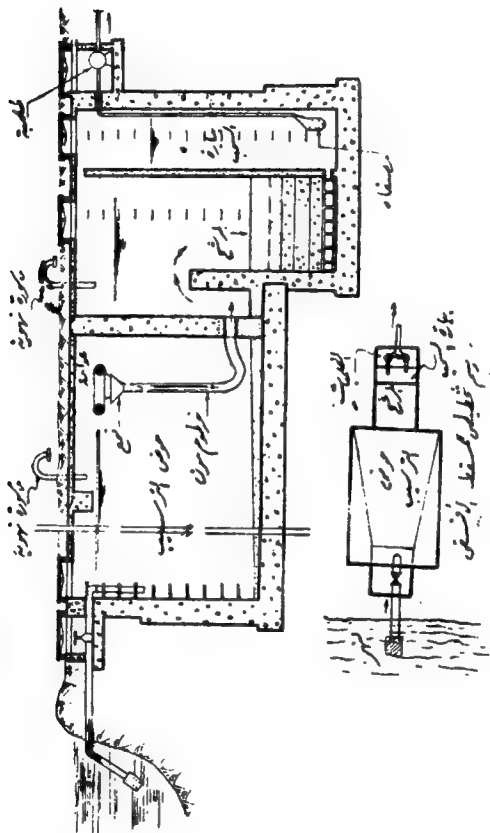
مثال : إذا كانت كثافة سقوط المطر في عاصفة ما هي ٢ سنتيمترات ومساحة السطح المستقبل للمياه هو ٢٠٠ متر مسطح فإن كمية المياه المجمعة أثناء العاصفة هو ٢٠٠ - ٠.٠٢ = ٤ متر مكعب فإذا كان عدد سكان هذا المنزل خمسة أشخاص وكان معدل الاستهلاك أربعين لترا للشخص في اليوم - فإن هذا القدر من الماء يستهلك في ثلاثة أسابيع تقريباً - وبدى أن لاستمرار الاعتماد على هذا الخزان لابد من توافر الأمطار في المنطقة إلى الدرجة التي تجدد وتوفر هذا الرصيد من الماء قبل نفاذها .

٢ - تهياه السطحية :

ونظراً للتلوث الشديد لهذه المياه فيجب معالجتها قبل استعمالها - ويتم هذه المعالجة بالترسيب ثم الترشيح (شكل ٤ - ٢) .

ويتم الترسيب في أحواض خاصة من الخرسانة العادية أو المسلحة أو الطوب (على أن يراعى في جميع الأحوال التأكد من عدم نفاذية الماء خلال حوائط أو قاع الحوض) . كما يبنى ويشكل قاع الحوض بحيث يكون مائلاً إلى أسفل في اتجاه المدخل بنسبة ١ : ١٠ - ١ : ٢٠ لسهولة تنظيف الحوض

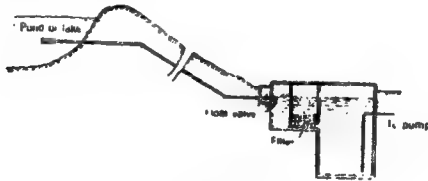
في هذا الحوض تهبط إلى قاعة نسبة كبيرة من المواد العالقة - وتخرج المياه تمر في مرشح مكون من طبقة من الرمل بارتفاع ٦٠ سم تعلو طبقة من



(شکل رقم ۴ - ۲)

بارتفاع ٣٠ سم وهذه تعلو شبكة من المواسير المثقبة . وبذلك يتم حجز المواد العالقة الدقيقة - التي لم يتم ترسيبها في القاع الحوض - في مسام طبقة الرمل (شكل ٤ - ٢) على أنه يجب مراعاة أن يكون مخرج المياه من حوض الترسيب من الطبقات العليا للمياه - إذ هي الطبقات الأقل احتواء على مواد عالقة - ويتم ذلك بمرور المياه من فوهة ماسورة مرنة مثبتة في عوامة تطفو على سطح الماء في الحوض . وتغر المياه من المرشح إلى بئر (wet well) تسحب منه المياه بواسطة ظلمية لضغطها في المواسير الموصلة إلى أماكن الاستعمال على أن تزود المجموعة (الخزان والمرشح) بالصمامات في المدخل والمخرج اللازمة لالتحكم في تشغيلها

وتنتقل المياه من مصدرها إلى حوض الترسيب بالانحدار الطبيعي إذا كان النهر أو المجرى المائي عالياً (شكل ٤ - ٣) أما إذا كان منخفضاً فلا بد من

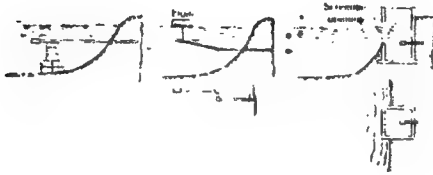


شكل (٤ - ٣)

استعمال الظلميات لرفعه إلى الحوض - وفي أي من الحالتين تؤخذ المياه من الطبقات العليا للماء في النهر إذ أنها أقل الطبقات احتواء للمواد العالقة - فإذا كان منسوب الماء في النهر ثابتاً استعملت ماسورة للمأخذ ثابتة المنسوب ، أما إذا كان منسوب المياه في النهر متغيراً فتستعمل ماسورة مرنة (أو ذات

(٨)

وصلات مرنة) متصلة بعوامة تطفو على سطح الماء (شكل ٤ - ٤) لتعلو وتبسط كلما تغير منسوب الماء - وبذلك يضمن سحب الماء من الطبقات العليا في المجرى المائى .



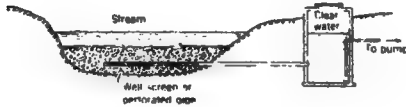
شكل رقم ٤ - ٤

ويحدد حجم الخزان بعد معرفة مدى إمكان استمرار تواجد المياه في الرعة أو المجرى المائى المعتبر مصدراً للمياه فإذا تواجدت المياه باستمرار في المجرى المائى أمكن الاكتفاء بحوض يتسع للتصرف المطلوب لمدة أربعة وعشرين ساعة يتم فيها ترسيب الجزء الأكبر من المواد العالقة كما سبق ذكره - أما إذا كان تواجد الماء في المجرى المائى منقطعاً فلا بد أن تكون سعة الحوض كافية لاستيعاب الماء اللازم للاستعمال في فترة انقطاع الماء عن المجرى المائى . أما المرشح فيتم تقدير مساحته السطحية باعتبار أن سرعة الترشيح هي ثلاثة أمتار مكعبة لكل متر مسطح من المرشح في اليوم (الأربعة وعشرين ساعة) - ويكون تصميم الطلمبة بحيث تكفى لرفع المياه بالكمية والضغط اللازمين لامتداد المياه في أماكن الاستعمال في مدة محددة . ويفضل غالباً أن يغطى كل من الحوض والمرشح وبئر الطلمبة ، منعا لتعرضها للعوامل الجوية خاصة الضوء الذى يشجع على نمو الطحالب بكثرة في المياه المخزنة لمدة طويلة - على أن يزود الغطاء بفتحات بأغطية محكمة كافية للترول إلى الخزان لتنظيفه الدورى ،

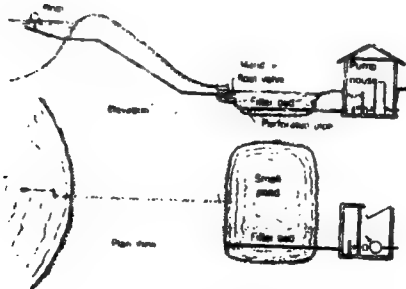
وكذلك للمرشح لتجديد طبقة الرمل إذا احتاج الأمر ، كذلك يجب تزويد كل من الخزان والمرشح بفتحات للتهوية والسلام اللازمة .

كما يمكن أحيانا الاستغناء عن حوض الترسيب وإنشاء المرشح في قاع المجرى المائي المستعمل كمصدر لمياه الشرب (شكل ٤ - ٥) أو إنشاء بحيرة صغيرة مجاورة للمجرى المائي لينشأ فيها المرشح (شكل ٤ - ٦).

وفي جميع الحالات يحتاج الأمر إلى تنظيف للمرشح المستعمل - ويتم ذلك بتمشيط الطبقة العليا من المرشح أو إزالتها وإحلال طبقة جديدة من الرمل التنظيف بدلا منها .



(شكل رقم ٤ - ٥)



(شكل رقم ٤ - ٦)

مثال : المطلوب بناء مجموعة من خزان منزلى لمياه سطحية ومرشح كافية لامداد المياه لمجموعة من المساكن المنعزلة بها خمسون شخصاً إذا كان أقصى استهلاك للمياه للشخص الواحد هو مائة لتر يومياً - وذلك فى الحالات الآتية :

(أ) المياه تتواجد فى المجرى المائى باستمرار .

(ب) المياه تنقطع عن المجرى المائى مدة شهر (أثناء الشدة الشتوية) .

الحسل : التصرف اليومى المطلوب $= 100 \times 50 = 5000$ لتر $= 5$ متر^٣

∴ سعة الخوض فى الحالة الأولى $= 5$ متر^٣

∴ سعة الخوض فى الحالة الثانية $= 5 \times 30 = 150$ متر^٣

وبذلك يمكن اختيار حوض بالابعاد الآتية :

عرض $= 5$ متر ، طول $= 15$ متر ، عمق الماء $= 2$ متر
على أن يضاف إلى العمق نصف متر لتخزين الرواسب بين فترتى التنظيف
ونصف متر ارتفاع الحوائط فوق منسوب المياه فيكون العمق الكلى للخوض
ثلاثة أمتار .

وبفرض أن المرشح يعمل ثمانية ساعات يومياً - فإن المتر المسطح من
المرشح يعطى تصرف

$$= \frac{\text{معدل التصرف فى اليوم} \times 8}{24} = \frac{5 \times 8}{24} = \text{متر مكعب واحد/اليوم}$$

$$\therefore \text{المساحة اللازمة للترشيح} = \frac{\text{التصرف}}{\text{معدل الترشيح}} = \frac{5}{1} = 5 \text{ متر مربع}$$

∴ عرض المرشح = ٢,٠ متر . طول المرشح = ٢,٥ متر
أما أبعاد البئر (wet well) المجاور للمرشح فإن حجمها لا يقل عن
التصرف اللازم في يوم واحد أى خمسة أمتار مكعبة . وبذلك يقترح لها الأبعاد
الآتية :

عمق : متر - عرض : ٢ متر - طول : ٢,٥ متر

أما التصرف الطلمبة فيتحدد بعد تعيين عدد ساعات تشغيلها في اليوم -
فاذا فرض أنها تعمل أربعة ساعات لرفع المياه المجمعة في البئر إلى خزان علوى
تتوزع منه المياه في المنطقة خلال اليوم بأكمله .

• التصرف في اليوم

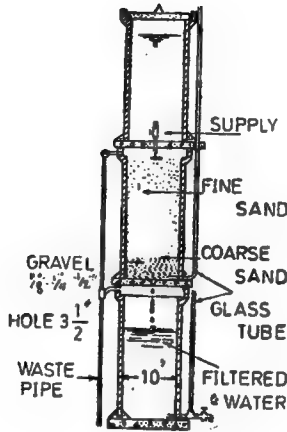
∴ تصرف الطلمبة = $\frac{1250}{4} = 312.5$ متر^٣/ساعة
ساعات تشغيل الطلمبة ٤

$$= \frac{1250}{60} = 20.8 \text{ لتر/دقيقة}$$

أما سعة الخزان العلوى الذى تتوزع منه المياه إلى المساكن فيجب ألا
تقل عن التصرف اللازم في يوم واحد . أى خمسة أمتار مكعبة - كما يتوقف
ارتفاع هذا الخزان على ارتفاع المنازل التى توزع إليها الماء .

المرشحات المنزلية :

وهي المرشحات التى تستخدم في ترشيح كميات صغيرة من الماء لغرض
استعمالها في منزل واحد . وشكل (٤ - ٧) يبين مرشح منزلى مشابه للمرشحات
المستعملة في تنقية مياه المدن . وهو مكون من ثلاثة مواسير من الفخسار
المضروب بالمح والى وتحتوى الماسورة الوسطى طبقات الرمل والزلط والعليا الماء



(شكل رقم ٤ - ٧)

الغبر نقي والسفل الماء المرشح .

وهناك مرشحات منزلية جاهزة تباع في الأسواق أهمها :

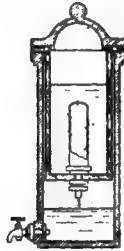
١ - مرشح بركفيلد .

٢ - مرشح باستير .

١ - مرشحات بركفيلد :

وهي عبارة عن اسطوانات تعرف بالشموع (Candles) مصنوعة من نوع خاص من الفخار من طينة الدياتومايت بعد سحقها ووضعها في أفران خاصة. والشمعة ذات طرف مكور والآخر مركب عليه طربوش من النحاس أو

معدن مناسب آخر ويحترقه ثقب قطره ٨/٣ بوصة ينفذ منه الماء المرشح .
وهذه المرشحات أما بطيئة أو سريعة . وتوضع في المرشحات البطيئة
شمعة أو أكثر في وعاء موضوع داخل وعاء آخر . وملاً الوعاء الداخلي بالماء
المراد ترشيحه فيخترق الماء جدران الشموع وينفذ داخلها مخلفاً وراءه ما يحمله
من مواد عالقة على السطح الخارجى للشمعة . ثم يمر بالثقب الموجود في
الطربوش المعدنى إلى الوعاء الخارجى أو مستودع الماء المرشح (شكل ٤ - ٨)



(شكل رقم ٤ - ٨)

أما المرشحات السريعة فتوضع الشمعة داخل اسطوانة من الحديد أو
النحاس المطلى بالصينى وتوصل هذه الاسطوانة الخارجية باحدى
أنابيب الماء في المنزل مع تركيب محبس عليها . وبتفتح هذا المحبس يندفع
الماء داخل الاسطوانة الخارجية حول الشمعة فينفذ من جدرانها بقوة ضغطه
ويخرج من الأنبوبة العليا المتصلة بالطربوش المعدنى .

٢ - مرشحات باستمبر :

وهي شبيهة بمرشحات بركفيلد الا أنها تصنع من فخار الصينى (الغبر
مقرز) ، ولا تحتاج إلى طربوش معدنى إذ أنها تصنع بطرف مخروطى الشكل

وهذه المرشحات تستعمل أما بالطريقة السريعة أو البطيئة كمرشحات
بركفيلد تماماً . وقد دلت التجارب أن مرشحات باستير أحسن عملاً من
مرشحات بركفيلد لأن مسامها أصغر .

الاحتياطات الواجب اتخاذها عند استعمال مرشحات بركفيلد أو باستير :

١ - يلاحظ أن كمية الماء المنقاه بالمرشحات البطيئة تكون بسيطة
جداً (حوالي $\frac{1}{2}$ لتر في اليوم لكل شمعة) ولكن إذا استعملنا الطريقة السريعة
زادت كمية المياه المرشحة إلى ما يقرب من ١٠٠ لتر في اليوم لكل شمعة .
ولذا يحسن استعمال الطريقة السريعة وذلك بضغط الماء داخل المرشح بتوصيله
إلى أنابيب المياه ذات الضغط العالي إن وجدت .

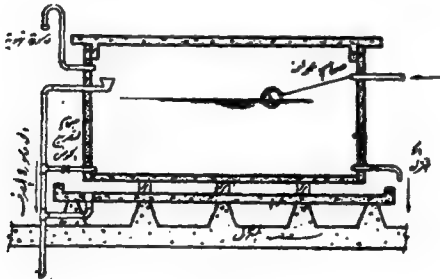
٢ - تعتمد كمية المياه المرشحة أيضاً على درجة نقاوة الماء المراد
ترشيحه . ولذا يحسن أن تكون رافعة بقدر الامكان وذلك بترسيب المواد
العالقة بها إن أمكن .

٣ - يعمل المرشح عادة بكفاءة عالية في إزالة البكتيريا خلال جدران
الشمعة ولذا يجب تعقيم الشمعة كل ثلاثة أيام على الأكثر . ويتم
ذلك بفك المرشح وغسل الشمعة أولاً ودعكها بفرشاة ناعمة بالماء البارد
ثم وضعها في ماء بارد على النار وتسخينها إلى درجة غليان الماء . ويلاحظ
أنه إذا وضعت الشمعة مباشرة في ماء ساخن ربما تنشق . كذلك يمكن
تعقيم الشمعة بوضعها في محلول برمنجنات البوتاسيوم المركزة $\frac{1}{10}$ لمدة
نصف ساعة وفي هذه الحالة لا تستعمل أول كمية مرشحة من الماء بعد تركيب
المرشح لما قد تحتويه من برمنجنات .

٤ - يجب العناية عند شراء الشمعات من التأكد أنها سليمة وليست
مشروخة وذلك بفحصها في الماء وضغط الهواء في داخلها بظلمة يد مثل
منفاخ عجلة أو ما شابه ذلك وعندئذ يمكن رؤية الهواء المتسرب خلال

أى ثقب فى الشمعة بما يحدثه من قفائيع عند خروجه إلى الماء .
خزانات الميساء :

عند امداد مبنى منزى بالمياه يلزم أن يبنى خزان صغير ترفع إليه المياه من مصدرها بواسطة الطلمبات ومن ثم يمكن توزيعها على مختلف الصنابير والحفريات . وعادة يوضع هذا الخزان فوق المبنى نفسه بحيث يمكن دائماً الوصول إليه بسهولة مع حفظه من جميع مصادر التلوث من مخلفات الطيور أو الأتربة الموجودة فى الهواء ، ذلك بتغطيته بغطاء من الخشب أو من الحديد كما يجب حماية المبنى من الماء فى حالة فيضان الخزان أو كسره وذلك بوضع حوض من الرصاص أو الحديد المخلفن تحت الخزان متصل بأنبوبة لتصريف ما قد يصل إليه من الماء .. وتختلف سعة الخزان حسب الغرض الموضوع له ولكنه عادة لا يقل عن ما يكفى حاجة سكان المنزل لمدة يوم وتؤخذ أنابيب التوزيع دائماً من نقطة بالقرب من القاع ويجب أن يركب عليها محبس بالقرب من الخزان وذلك لتفادى الاضطراب إلى تفريغ الخزان من الماء كلما دعا الأمر إلى اصلاح مواسير التوزيع كذلك يجب وضع أنبوبة لتصريف مياه الخزان عند غسله وتنظيفه من وقت لآخر . (شكل ٤ - ٩) .



(شكل رقم ٤ - ٩)

٣ - المياه الجوفية :

وتسمى أحيانا المياه تحت السطحية أو تحت الأرضية .
وهي المياه التي تستمد من باطن الأرض - ومصدرها كما سبق ذكره :
١ - مياه الأمطار التي يتسرب جزء منها إلى داخل الأرض حتى تصل إلى منطقة التشبع بالمياه الجوفية فيرتفع مستواها .

٢ - مياه الأنهار والترع والبحيرات التي تتسرب في مسام الأرض عند ارتفاع منسوب المياه في الأنهار والبحيرات عن منسوب المياه في منطقة التشبع .

ويمكن الحصول على المياه الجوفية أما عن طريق :

١ - الآبار (wells) وهي فتحات تنشأ صناعياً في القشرة الأرضية تصل ما بين سطح الأرض والطبقة الحاملة للمياه الجوفية (aquifer) . (شكل ٤ - ١٠) .

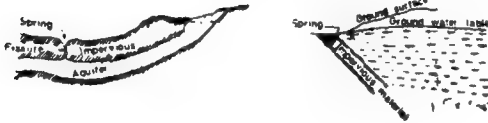


١ - ترسبات
٢ - جرانيتية صخرية

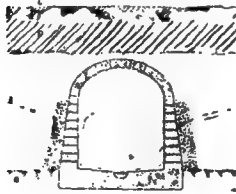
(شكل رقم ٤ - ١٠)

٢ - العيون (Springs) وهذه تنشأ طبيعياً عندما تتقابل الطبقات المسامية الحاملة للمياه الجوفية مع سطح الأرض أو عندما تقابل هذه الطبقات شقاً مودياً إلى سطح الأرض (شكل ٤ - ١١).

٣ - خنادق الترشيح (Infiltration galleries) ، (شكل ٤ - ١٢) .
وهي أنفاق طولية تعترض سير المياه الجوفية ومن ثم يمكن تجميع هذه المياه فيها وفي الصحراء الغربية بالقرب من مرسى مطروح تم اكتشاف أنفاق ترشيح بيت في عهد الرومان (ولذلك سميت بالآبار الرومانية) يبلغ طولها



(شكل رقم ٤ - ١١)



(شكل رقم ٤ - ١٢)

ما يقرب من كيلومتراً . بينما يتراوح عرضها من ٧٠ إلى ١٨٠ سنتمتراً وارتفاعها حوالى مترين ويرتفع منسوب قاعها حوالى ثلاثين سنتمتراً عن سطح البحر - وتستمد هذه الآبار الرومانية المياه من الأمطار الغزيرة التي

تسقط على التلال الرملية المحيطة بها - ويتراوح تركيز المواد الصلبة الذائبة في هذه المياه من ٧٠٠ إلى ١٠٠٠ جزء في المليون .

وأكثر طبقات الأرض انتاجاً للماء الموجود بها هي طبقات الرمل والحصى والزلط وكذلك طبقات الحجر الرملي الخشن ، كما يمكن الحصول على المياه الجوفية أيضاً من الشقوق التي تتواجد في الطبقات الصخرية - وأقل طبقات الأرض انتاجاً للمياه الجوفية هي الطبقات الطينية نظراً لدقة المسام مما يقلل من نفاذيتها ويصعب مرور الماء فيها بسرعة .

وكيات المياه الجوفية عادة قليلة بالنسبة للمياه السطحية مما يجعل الاعتماد عليها كمصدر للمياه المدين غير ممكن ولهذا تستعمل فقط كمصدر للمياه اللازمة للقرى والعزب والمباني المنعزلة .

وفي الجمهورية العربية المتحدة يعتبر نهر النيل هو المصدر الرئيسي للمياه الجوفية وذلك لندرة الأمطار إلا على الشريط الساحلي الشمالي - وتستعمل المياه الجوفية في مصر لامتداد القرى والأماكن المنعزلة بالمياه بإنشاء بئراً وأكثر لكل قرية أو مجموعة من القرى - ويزود كل بئر بطلمبة ترفع المياه إلى خزان مرتفع ومنه توزع المياه في شبكة المواسير إلى المنازل أو إلى مجموعة الحفريات في أنحاء القرية .

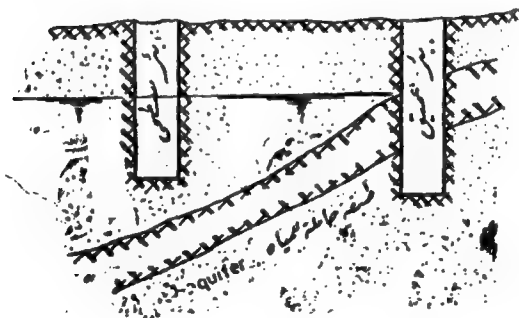
هذا في الأماكن التي تصلح فيها المياه الجوفية للاستعمال إلا أنه نظراً لعدم صلاحية الماء الجوفية على امتداد الساحل الشمالي للدلتا لكثرة ما بها من أملاح وكذلك في محافظة الفيوم - فإنه لا يعتمد على المياه الجوفية لامتداد القرى في هذه المناطق بالمياه ولذلك عمدت السلطات المسئولة إلى إنشاء

محطات تنقية للماء السطحية من النيل أو الترع المنفرغة منه وكذلك انشاء شبكات لتوزيع المياه تغطي هذه المناطق - ومحطات التنقية هذه توجد في مدن فوه وشربين ، بساط كريم الدين ، العباسية ، أبو حصص وذلك لامداد قرى منطقة شمال الدلتا بالمياه الصالحة للاستعمال (شكل ١ - ١٢) . وكذلك بالقرب من مدينة الفيوم لامداد قرى محافظة الفيوم بالمياه .

الآبار - أنواعها وطرق انشائها

تنقسم الآبار تبعاً لموضوع طبقات الأرض السماء بالسبب لاطاقة الحاملة

للماء الى نوعين (شكل ١٣-٤)



(شكل رقم ٤ - ١٣)

أ - آبار سطحية (Shallow well) : وهي التي تستمد ماءها من الطبقة المسامية التي تعلو أول طبقة صماء - أى أن البئر لا يخترق الطبقة الصماء .

(ب) آبار عميقة (Deep well) : وهي الآبار التي تنفذ خلال طبقة صماء لتحمل على الماء من مسامية واقعة تحنها .

ويلاحظ أن التعبيرين (سطحية . عميقة) لا تعنى المقارنة بين الأعماق الفعلية للآبار بل تعنى مدى اختراق البئر لطبقة صماء أو عدمه - وبذلك من المحتمل أن يوجد بئر عميق أقصر (أى أقل عمقا) من بئر سطحي متوقفاً على اختراق البئر لطبقة صماء .

وتنقسم الآبار بالنسبة للضغط الواقع على المياه الجوفية الى نوعين (شكل ٤-١٠)

أ - آبار اعتيادية (Ordinary wells) :

وهي التي يكون الضغط على سطح المياه الجوفية فيها مساوياً بالضغط الجوي أى يكون مستوى الماء في البئر عند عدم تشغيله هو نفس مستوى الماء في الطبقة الحاملة له وهذا هو الواضح دائماً بالنسبة للآبار السطحية .

ب - آبار ارتوازية (Artizian or pressure wells) :

وهي الآبار التي تتغذى من طبقة مسامية تكون المياه الجوفية فيها تحت ضغط أعلى من الضغط الجوي بحيث يرتفع الماء في البئر إلى مستوى أعلى من مستواه في الطبقات المحيطة بالبئر .

وهذا النوع من الآبار بدوره ينقسم إلى نوعين (شكل ٤-١٠) :

١ - آبار ارتوازية متدفقة (Free flowing wells) :

وهى الآبار التى تكون المياه الجوفية فيها معرضة لضغط كاف لأن يسبب ارتفاع الماء إلى فوهة البئر عند مستوى سطح الأرض - الأمر الذى يغنى عن استعمال طلبات اسحب الماء من البئر .

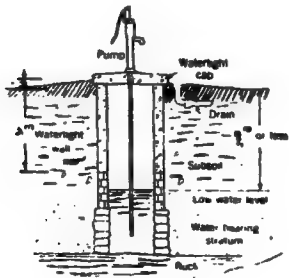
٢ - آبار ارتوازية غير متدفقة (Non free flowing well) :

وهى الآبار التى لا تتعرض المياه فيها لضغط كاف بسبب ارتفاع الماء إلى سطح الأرض بل يسبب ارتفاع الماء إلى منسوب أقل من سطح الأرض الأمر الذى يوجب استعمال طلبات لاستخراج الماء من البئر .

وتنقسم الآبار تبعاً لطريقة بنائها إلى عدة أنواع

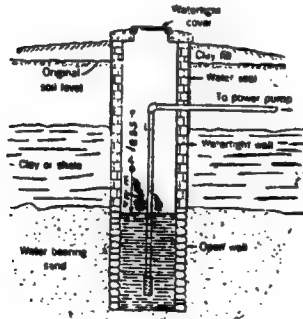
أ - الآبار المحفورة Dug wells : (شكل ٤ - ١٤ ، ٤ - ١٥) :

وهى آبار سطحية يتراوح قطرها بين متر ومترين ولا يتجاوز عمقها خمسة عشر متراً - وتبنى بطريقة التفويس بأن تحفر الأرض لعمق حوالى



(شكل رقم ٤ - ١٤)

مترين - بالقطر المناسب ثم توضع كرة دائرية من الخشب أو الحديد أو الخرسانة المسلحة يطلق عليها اسم (الخنزيرة) - على أن تكون مثانة القطاع ذات حد قاطع وقطرها الداخلى يساوى قطر البئر المراد بناؤه - ثم يبنى على هذه الكرة الحائط المبطن بالطوب أو الدبش بدون مونة - حتى تسمح بقسرب المياه من الأرض إلى داخل البئر خلال مسام المبانى - وكلما زاد ارتفاع الحائط زاد نقله على الكرة فى نفس الوقت تخلى الأرض داخل الخنزيرة وتحت جوانبها مما يساعد على نزولها بما عليها من مبانى تدريجياً إلى أن تصل إلى العمق المطلوب داخل الطبقة الأرضية الحاملة للمياه - على أن يراعى دقة عماية البناء والحفر حتى تتم العملية بانتظام - والا تملأ انزال البئر رأسياً نتيجة لتحميل الخنزيرة تحملاً غير منتظم أو نتيجة لحفر داخل ونحت الخنزيرة حفراً غير منتظم .

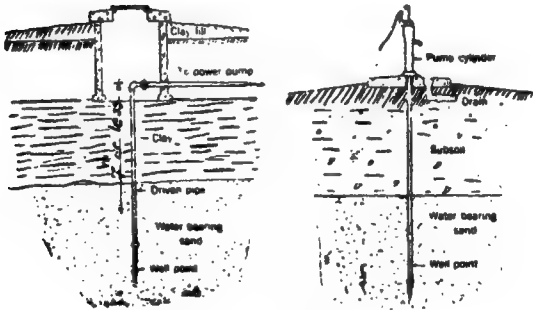


(شكل رقم ٤ - ١٥)

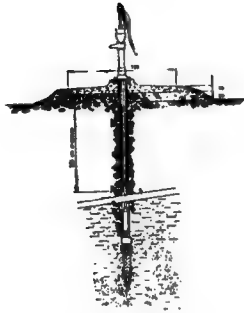
على أنه يجب مراعاة أن تكون مبانى الجزء العلوى من الحائط المبطن للبر بالطوب أو الدبش بالمونة الأسمنتية أو من الخرسانة حتى يكون مصمتا بعمق ثلاثة متر على الأقل حتى لا تنسرب المياه السطحية داخل البر خلال هذا الجزء - وبذلك يمنع أى احتمال لتسرب مياه سطحية إلى داخل البر دون تنقية كافية كما يراعى أن ترتفع مبانى الحائط المبطن للبر مقدار ثلاثين سنتيمترا فوق سطح الأرض ثم يغطى البر بغطاء من الخرسانة المسلحة تحترقه بأسوره متصلة بالطلمبة التى تسحب المياه من البر - ومن المستحسن أن أن يزود هذا الغطاء بفتحة مغطاة يمكن فتحها عند الحاجة للكشف على البر على فترات .

(ب) الآبار المدفوقة (Driven Wells) ، (شكل ٤ - ١٦ ، ٤ - ١٧ ،

٤ - ١٨) :



(شكل رقم ٤ - ١٦ ، ٤ - ١٧ ، ٤ - ١٨)



(شكل رقم ٤ - ١٨)

وهي عبارة عن ماسورة من الحديد يتراوح قطرها من ٢ إلى ٣ بوصة مكونة من عدة وصلات كل منها بطول حوالى متران متصلة ببعضها بواسطة جلب مقلوطة (Screw joints) على أن يكون الجزء الأسفل منها ماسورة مثقبة الجوانب ذات طرف مدبب ليسهل اختراقها للتربة عند دقها. (شكل ٤ - ١٩) - وهذه الماسورة تعمل كصفاء تسمح بتسرب الماء إلى داخل الماسورة وتمنع حبيبات التربة من ذلك. ويتراوح قطر هذه الثقوب من $\frac{1}{4}$ إلى $\frac{1}{2}$ على أن تكون المساحة الكلية لهذه الثقوب حوالى ٢٠ ٪ من المساحة السطحية للماسورة - وتغطي هذه الثقوب بسلك شبكى نحاسى فتحاته نصف ملمتر بحيث تكون المساحة الكلية للثقوب فى الشبكة النحاسية هذه حوالى ١٠ ٪ من المساحة السطحية للماسورة.

وتدق هذه المواسير فى الأرض لتخترق القشرة الأرضية وتصل إلى الطبقة الرملية الحاملة للمياه الجوفية بأحد الطرق الآتية :

١ - استعمال ثقل يرتفع ثم يسقط على رأس الماسورة (شكل ٤ - ٢٠)

وفي هذه الطريقة توضع الماسورة المثقبة في وضع رأسي وطرفها المدبب إلى أسفل - ويتوالى سقوط ثقل على رأسي الماسورة تهبط داخل الأرض - وعند اقتراب نهاية الماسورة لسطح الأرض يوصل بها ماسورة أخرى طولها حوالي متران وذلك بواسطة وصلات أو جلب مقلوظة ويستأنف الدق وهكذا إلى أن تصل الماسورة المثقبة إلى العنق المطلوب الذي تتواجد فيه المياه الجوفية .

وتصلح هذه الطريقة لعمل آبار في الأرض الرملية أو الطينية المفككة ولكنها غير صالحة في الأرض الصخرية أو الطينية المتماسكة .



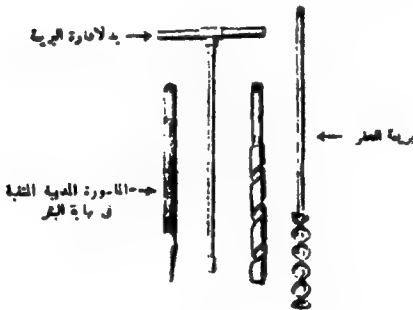
(شكل رقم ٤ - ١٩ . شكل رقم ٤ - ٢٠)

٢ - استعمال البريمة لتقرب الأرض

وفي هذه الطريقة تستعمل بريمة قطرها الخارجى أكبر قليلا من قطر ماسورة البئر على أن تثبت البريمة رأسياً ثم تدار لتنزبل في الأرض إلى نهايتها ثم ترفع رأسياً دون أن تدار وبذلك تخرج البريمة وفي ثناياها حبيبات التربة ويتم عمل ثقب داخل أرض بالقطر المطلوب . (شكل ٤ - ٢١) :

وبإزالة المواد العالقة من ثنايا البريمة يمكن إعادة استعمالها لتعميق البئر بالاستعانة بقضبان تتصل بالبريمة بحلقة مقلوطة - حتى تصل إلى العمق المطلوب الذى تتواجد فيه المياه الجوفية - وعندئذ يمكن انزال الماسورة المثقبة على أن توصل بها المواسير الحديدية بالطول اللازم .

وتمتاز هذه الطريقة عن الطريقة السابقة بأنه عند تنظيف ثنايا البريمة يمكن أخذ عينات من التربة لمعرفة نوعها ومدى نفاذيتها ومساميتها وبذلك يمكن تحديد العمق المناسب الذى يوقف عنده البئر .



(شكل رقم ٤ - ٢١)

كما يجب أن تعلى الأرض فى موقع البئر بمقدار ثلاثين سنتيمتراً ثم توضع بلاطسة من الخرسانة المسلحة تخترقها ماسورة البئر لتتصل بالطلمبة التى تسحب المياه . ويفضل أيضاً أن تغلف ماسورة البئر لعق ثلاثة أمتار بها ماسورة أخرى معدنية أو خرسانية (شكل ٤ - ١٨) لضمان عدم تسرب المياه من سطح الأرض إلى البئر خلال الطبقة العليا للأرض دون تقنية كافية .

على أنه يجب مراعاة ألا تتجاوز المسافة بين الطلمبة التى تسحب المياه من البئر و سطح المياه أكثر من سبعة أمتار حتى يمكن سحب المياه دون أى متاعب نتيجة لتبخر الماء الناتج من انخفاض الضغط داخل الماسورة - فإذا وجد أن منسوب المياه الجوفية أبعد من سبعة أمتار تحت سطح الأرض فإنه يجب انزال الطلمبة الساحية للمياه إلى منسوب يسمح بسحب المياه دون التعرض لمتاعب تبخر الماء الناتج من زيادة طول ماسورة السحب عن سبعة أمتار (شكل ٤ - ١٨) .

طول الماسورة المثقبة (المصفاه) :

ويتوقف طول الماسورة المثقبة فى النهاية لماسورة السفلى البئر على التصريف المنتظر سحبه من البئر وكذلك على السرعة المسموح للمياه أن تدخل بها خلال هذه السرعة يجب ألا تزيد عن القدر الذى قد يسبب دخول حبيبات التربة داخل المواسير كما هو مبين بالجدول رقم (٤ - ١) إلا أنه عادة ما تختبئ هذه السرعة ٠,٠٣ متر/الثانية وذلك زيادة فى الاحتياط - ولما كانت المساحة الكلية (net area) للثقوب تساوى ١٠٪ من المساحة السطحية للماسورة المثقبة .

جدول رقم (٤-١)
الحمد الأقصى بسرعة دخول المياه
في ثقوب المصفاه للابار المدقوقة

| قطر حبيبات التربة ملايـمتر | السرعة القصوى متر / ثانية |
|-------------------------------|------------------------------|
| أقل من ٠,٢٥ | ٠,٠٣ |
| ٠,٢٥ ← ٠,٥٠ | ٠,٠٣ ← ٠,٠٦ |
| ٠,٥٠ ← ١,٠٠ | ٠,٠٥ ← ٠,١٠ |
| ١,٠٠ ← ٢,٠٠ | ٠,١٠ ← ٠,١٧ |
| ٢,٠٠ ← ٤,٠٠ | ٠,١٧ ← ٠,٢٥ |

$$\text{أى أن س} = ٠,١٠ \times \text{ل} \times \text{ط} \times \text{ق}$$

$$\text{حيث ل} = \text{طول الماسورة المثقبة}$$

$$\text{ط} = \text{النسبة التقريبية} = ٣,١٤$$

$$\text{ق} = \text{قطر الماسورة المثقبة}$$

$$\text{س} = \text{مساحة الفتحات في الشبكة النحاسية}$$

$$\text{وبافتراض ع} = \text{سرعة دخول الماء في الثقوب} = ٠,٠٣ \text{ متر / ثانية}$$

$$\text{يكون التصريف الداخـل خلال الثقوب} = \text{ع س}$$

$$= ٠,٠٣ \times ٠,١ \times \text{ل} \times \text{ط} \times \text{ق}$$

$$= ٠,٠٠٣ \text{ ل ط ق}$$

$$\text{وهو يساوى في نفس الوقت التصريف الخارج من البئر .}$$

$$\text{وبفرض أن سرعة المياه داخل ماسورة البئر تساوى ١ متر / ثانية .}$$

$$\therefore \text{تصرف البئر} = \frac{\text{ع} \times \text{ط} \times \text{ق}}{٤} = \frac{\text{ط} \times \text{ق}}{٤}$$

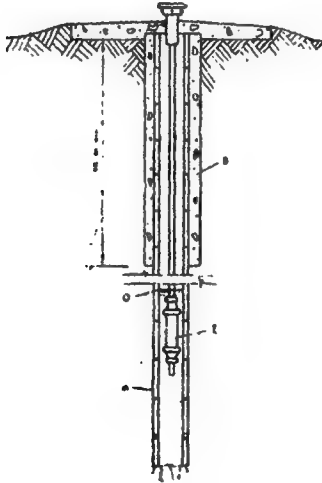
$$\therefore \frac{\text{ط} \times \text{ق}}{٤} = ٠,٠٠٣ \text{ ل ط ق}$$

$$\therefore \text{ل} = ٨٠ \text{ ق تقريباً .}$$

أى أن طول الماسورة المثقبة يجب ألا يقل عن ثمانين ضعف قطر الماسورة

(ج) الآبار المثقوبة (Bored Wells) : (شكل ٤ - ٢٢)

وهي عبارة عن فتحة في القشرة الأرضية يتراوح قطرها بين ستة بوصات وستة وثلاثين بوصة تبطنها ماسورة حديدية بنفس القطر - مكونة من عدة مواسير طول كل منها حوالى متران متصلة ببعضها بواسطة وصلات أو جانب مقلوطة - على أنه يجب أن تكون الماسورة السفلى من هذه المواسير مثقبة تعمل كصفاء حتى يمكن للمياه الجوفية أن تتسرب إلى داخل البئر بينما تمنع حبيبات التربة من ذلك .



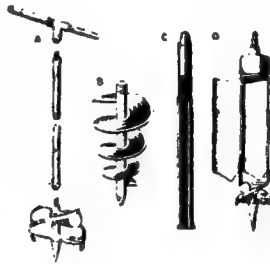
(شكل رقم ٤ - ٢٢)

وتفحص هذه المواسير بوضع الماسورة الأولى (المثقبة الجوانب) في وضع رأسي وتوالى سقوط ثقل يرتفع ويهبط على رأس الماسورة تهبط الماسورة داخل الأرض ومن ثم توصل بها ماسورة أخرى بواسطة الوصلات الجلب المقلوطة ويستأنف الدق حتى تصل إلى العمق المطلوب .

الا أنه يجب ملاحظة أن في هذه الحالة نظراً لأن المواسير لا تنتهي بطرف مقفل مدبب (كما هي الحالة في الآبار المدقوقة) بل تنتهي بطرف مفتوح فإنه يلزم بإزالة الأتربة من داخل المواسير مع استمرار عملية الدق . وهذا يتم باستخدام أدوات خاصة بذلك مثل البريعة (auger) بأنواعها أو صناديق إزالة الرمل أو الطين وهذه مزودة بصهائم في أسفلها لمنع سقوط المواد منها عند رفعها إلى أعلى (شكل ٤ - ٢٣) - بل يحسن أن يمكن أن تكون عملية إزالة الأتربة سابقة لعملية دق المواسير (شكل ٤ - ٢٤) .



(شكل ٤ - ٢٤)



(شكل ٤ - ٢٣)

وتمتاز هذه الطريقة كسابقتها بأنه عند إزالة الأتربة من داخل المواسير يمكن أخذ عينات من التربة لمعرفة نوعها ومدى نقاظتها وبذلك يمكن تحديد العمق المناسب الذى يوقف عنده دق البئر .

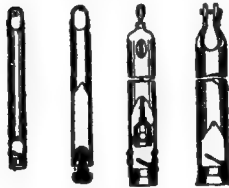
كما يراعى أسوة بالآبار المحفورة أن ترتفع الماسورة المبطنة للبئر بمقدار ثلاثين سنتيمتراً فوق سطح الأرض على أن تغلف هذه الماسورة حتى عمق ثلاثة أمتار داخل الأرض بخلاف من الخرسانة لضمان عدم تسرب المياه من سطح الأرض إلى البئر خلال الطبقة العليا للأرض ثم يغطى البئر بغطاء من الخرسانة المسلحة تحترقه ماسورة متصلة بالطايفة التى تسحب المياه من البئر .

(د) الآبار المنحوتة (Drilled wells) :

وهى الآبار التى تخترق طبقات الأرض الصخرية أو المتماسكة تماسكاً شديداً تحتاج لمعدات وآلات لاختراق هذه الطبقات الصلبة حتى يمكن الوصول إلى الطبقة الحاملة للمياه الجوفية .

وهناك أكثر من طريقة لإنشاء هذه الآبار :

١ - الطريقة الاعتيادية (Standard method)



(شكل رقم ٤ - ٧)

وهي تتكون من ماسورة ذات حد قاطع تدق لتخترق القشرة الأرضية حتى تصل إلى المياه الجوفية ولا تختلف طريقة تغوص الماسورة في هذه الحالة عن طريقة الآبار المثقوبة إلا في طريقة تكسير الطبقات الصخرية التي قد تعترض الماسورة ففي هذه الحالة تستعمل أنقال مدببة الأطراف تعلق وتربط داخل الماسورة أثناء عملية التغويص ، وينتج عن ذلك تفتيت للصخور التي تعترض نزول الماسورة في داخل الأرض - على أن تزال المواد التي يتم تفتيتها كل فترة بواسطة البريمة بأنواعها أو صناديق إزالة . (شكل ٤ - ٢٥) .

وكما هو الحال في الآبار المثقوبة يراعى أن يكون الجزء الأسفل من الماسورة مزوداً بثقوب تسمح بدخول الماء الجوفي داخل البئر .

٢ - الطريقة المائية (Jetting method) (شكل ٤ - ٢٦) :

وتتبع نفس طريقة التغويص المتبعة في الطريقة الاعتيادية أى باستعمال الأنقال المدببة المتوالية المبطو والارتفاع لتكسير المواد الصلبة داخل ماسورة البئر إلا أنه في الطريقة المائية تكون هذه الأنقال مفرغة ومثقبة ومتصلة بمواسير مرنة تسير فيها المياه تحت ضغط عالٍ ونتيجة لهذا الضغط تخرج المياه من الثقوب الموجودة في الأنقال باندفاع ومن ثم ترتفع إلى أعلى داخل ماسورة البئر حاملة معها المواد التي كسرتها الأنقال في أثناء هبوطها المتوالية .

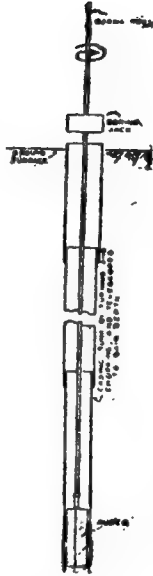
وتمتاز هذه الطريقة عن سابقتها بأنها أسرع كما أنها أنسب في حالة اختراق طبقات طينية متهاكة ولاقطار حوالى قدم ولاعماق تصل إلى مائة وخمسين متراً .

٣ - المثاقب الدوارة (Core Driller methods) (شكل ٤ - ٢٧) :

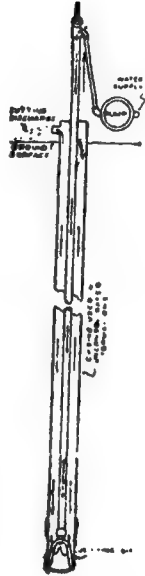
وفي هذه الطريقة يتم عمل الثقب داخل طبقات الأرض الصلبة بواسطة مثاقب عبارة عن اسطوانة مجوفة مزودة بأسنان صلبة تدور بسرعة ٢٠ - ٤٠



شكل ٤ - ٢٨



شكل ٤ - ٢٧



شكل ٤ - ٢٦

لغة في الدقيقة وبذلك تم نحت جزء من طبقة الأرض تدخل في الاسطوانة المحوطة وعند رفع الاسطوانة إلى أعلى يتفصل هذا الجزء ليخرج مع الاسطوانة وتستمر عملية الثقب هذه - وفي نفس الوقت تجرى عملية انزال الماسورة الحديد المبطنة للبئر في الثقب أثناء التشغيل حتى تصل إلى العمق المطلوب حيث توجد الطبقة الحاملة للمياه الجوفية .

وتتماز هذه الطريقة بإمكان الحصول على عينات من باطن الأرض كما كانت عليه داخل الأرض دون أى خلل فى ترتيب الحبيبات .

٤ - الطريقة المائية الدوارة (Hydraulic Rotary Method) (شكل ٤-٢٨):

وهي أحسن ما نتيج إذا كانت طبقات الأرض من طبقات متماسكة من الطين والرمل - وفى هذه الطريقة يستعمل مثقاب مجوف مزودة بأسنان صلبة تدور بسرعة تتناسب مع نوع التربة التى نحترقها - ويتصل بهذا المثقاب ماسورة تضغط فيها المياه مشبعة بنوع معين من الطمي (Driller mud) فتخرج من الاسطوانة حاملة معها المواد التى نحتها الأسنان الحادة فى أثناء دورانها .

الاشتراطات الصحية الواجب توافرها فى مياه الآبار :

تعتبر المياه الجوفية أكثر صلاحية من المياه السطحية من الناحية الصحية ولهذا فأنه يفضل الاعتماد عليها كمصدر لمياه صالحة شربا وتواجدت بالكميات الكافية وكانت لا تحتوى على شوائب تعد من استعمالها والحلول رقم (٤ - ٢) يبين الدرجة القصوى التى تتواجد بها الشوائب المختلفة فى المياه الجوفية كما يبين الحد الأقصى المسموح بتواجده فى المياه الصالحة للاستعمال وكذلك الحد المفضل عدم تجاوزه لتركيز هذه الشوائب .

فاذا زادت الشوائب فى المياه الجوفية عما هو مذكور فى جدول (٤ - ٢) فلا بد من معالجتها قبل الاستعمال حتى يقل تركيزها إلى الحد الأقصى المفضل كما هو واضح فى نفس الجدول .

جدول رقم (٤-٢)

الحد الأقصى والحد المسموح به والحد المفضل للشوائب
في المياه الجوفية (مقدرة جزء في المليون)

| أقصى حد للتواجد الحد الأقصى الحد المفضل | | | |
|---|------|--------|-----------------------|
| المسموح به | | المفضل | |
| ١ | ١٠ | ١٠٠ | المعكارة |
| ٥ | ٢٥ | ٦٠٠ | اللون |
| الأملاح الذائبة | | | |
| ٠,٣ | ٥ | ٢٠ | الحديد |
| ٢٥٠ | ١٠٠٠ | ٢٠٠٠ | السلفات |
| ٠,٢ | ٢ | ٥ | المنجنيز |
| ٢٥٠ | ٣٠٠ | ٢٠٠٠ | الكالوريدات |
| ١٠٠ | ٥٠٠ | ٢٠٠٠ | العسر الكلي |
| ١,٥ | ١,٥ | ٣,٥٠ | الكلوريدات |
| الغازات الذائبة | | | |
| صفر | ١٥ | ١٥ | الميثين |
| صفر | — | — | كبريتور الهيدروجين |
| ١٥ | ٢٥ | ٦٥ | ثاني أكسيد الكربون . |
| — | — | ١٤,٥ | الأكسجين |

المساحة الصحية للآبار (Sanitary Survey)

وبالإضافة إلى عدم زيادة تركيز الشوائب في المياه الجوفية عما جاء في هذا الجدول فإنه يجب فحص الآبار للتأكد من استيفائها الشروط الآتية قبل الحكم بصلاحيّة الآبار للاستعمال وهذا ما يسمى بالمساحة الصحية للآبار . وهي تشمل ما يأتي :

١ - اختبار مبنى للآبار (Examination of well construction) :

وذلك للتأكد من عدم تسرب المياه السطحية إلى داخل البئر وخطوات ذلك هي :

(أ) التأكد من أن مباني الجزء العلوى من الحائط المبطن للآبار من الطوب أو الدبش بالمونة أو من الخرسانة العادية أى يكون من مادة غير منفذة للمياه (Water tight) وذلك لعمق لا يقل عن ثلاثة أمتار .

(ب) رفع هذا الحائط المبطن للآبار فوق سطح الأرض بحوالى ثلاثين سنتيمتراً مع وضع غطاء من الخرسانة المسلحة تحترقه ماسورة سحب المياه من البئر - على أن يزود هذا الغطاء بفتحة مغطاة يمكن فتحها عند الحاجة للكشف على البئر .

(ج) يجب تليط الأرض المحيطة بالآبار بقطر بحوالى عشرين متر مع مراعاة أن يكون الانحدار إلى الخارج وبذلك لا تتجمع المياه حول البئر .

٢ - اختبار موقع البئر (Examination of Site) :

وذلك للتأكد من حماية البئر من التلوث بالمياه الجوفية الملوثة : وحقى

يتوافر ذلك يجب مراعاة الآتي في اختيار موقع البئر .

(١) عدم استعمال الآبار المهجلة أو المجاريير لصرف المحتلفات السائلة
إلا بعد التأكد من عدم تسرب هذه المخلفات إلى الآبار المستعملة
للاستخدام .

(ب) عدم إنشاء البئر بالقرب من المصادر المسببة لتلوث المياه الجوفية
مثل المجاريير المرشحة (Leaching Cesspool) وأكوام السماد البلدي أو أكوام
القمامة لما قد تحمله المياه التي ترشح من هذه المصادر إلى البئر من مواد عضوية
متحللة تعطي الماء رائحة وطعماً غير مستساغة .

ولذلك فإنه يوصى دائماً بالألا يقل بعد البئر عن أى مصدر من مصادر
التلوث المذكورة أعلاه عن ١٠ : ٣٠ متراً حسب مصادر التلوث ونوع
البئر وتكوين طبقات الأرض .

(ج) عند اختيار موقع البئر يجب التأكد من اتجاه سير المياه الجوفية
ثم اختيار البئر بحيث يكون اتجاه سير المياه الجوفية من البئر إلى مصدر التلوث
وليس العكس .

٣ - اختبار طريقة سحب المياه من البئر وتخزينها :

(١) التأكد من أن مواسير السحب والضغط من مادة محكمة ويحسن
أن تكون من الحديد الزهر وأن يكون تخطيطها في باطن الأرض بعيداً عن أى
مصدر للتلوث .

(ب) إنشاء الخزانات المخصصة للمياه من مادة لا تتسرب منها المياه

مزودة بفتحات مغطاة للكشف عليها ومزودة كذلك بفتحات تهوية لمرو الهواء مانعة لمروور الأتربة والحشرات .

(ج) عدم وضع آلات محركة ثقيلة على البئر مباشرة إذ قد ينتج عن اهتزازها شروخ و غطاء البئر أو الحائط المبطن للبئر - وهذا بالتالى يسبب دخول المياه السطحية إلى داخل البئر .

(د) اختيار عمق المياه فى البئر قبل وفى أثناء سحب المياه من البئر :

وذلك لتأكد من عدم تجاوز المسافة الرأسية بين الطلمبة التى تسحب الماء من البئر و سطح الماء فى البئر أكثر من ثمانية مترات والا تغلر رفع الماء - ولتفادى ذلك فى حالات تواجد الماء على أعماق كبيرة فإنه تبنى غرفة خاصة للطلمبة تحت الأرض من مادة مانعة لمروور الماء ، على أن تزود الحجرة بمأسورة صرف للتخلص من الماء الذى قد يتسرب من الطلمبة أو من خارج الحجرة كما أنه فى كثير من الحالات إذا كان قطر البئر بالاتساع الكافى فإنه يتم انزال الطلمبة (دون الموتور المحرك) داخل البئر على أن تتصل بالموتور المحرك بمحور دوران بالطول الكافى .

٤ - الفحص البكتريولوجى للمياه الجوفية :

ويتم ذلك بأخذ عينات من المياه الجوفية من البئر وفحصها بكتريولوجيا لمعرفة ما إذا كانت تحتوى على بكتيريا دالة على تلوث المياه بالمخلفات السائلة . إلا أن النتائج السالبة لهذا الفحص ليست كافية للدلالة على عدم تلوث المياه الجوفية بالمخلفات السائلة بل يعتمد اعتماداً أساسياً على الاختبارات الثلاثة السابقة كدليل على سلامة البئر وامكان الاعتماد عليه كمصدر لمياه الشرب .

على أنه يجب قبل استعمال البئر بعد انشائه أن يتم تعقيم البئر وذلك باتخاذ
الخطوات الآتية :

- ١ - تنظيف جدران البئر والمواسير والطلمبات مما قد يتواجد فيها من شوائب علقت بها أثناء عملية البناء .
- ٢ - سحب الماء الموجود في البئر وذلك في حالة الآبار السطحية المحفورة ثم ترك البئر ليتسرب الماء إلى داخله حتى منسوب المياه الجوفية في الأرض .
- ٣ - إضافة كمية من محلول الكلور إلى البئر .
- ٤ - قياس كمية الكلور المتبقية في البئر بعد ٢٤ ساعة من إضافة الكلور .
- ٥ - إذا خلت المياه من الكلور المتبقى فيلزم إضافة كمية أخرى من الكلور والتأكد من وجسود كلور متبقى بعد ٢٤ ساعة أخرى .
- ٦ - سحب الماء المحتوى على الكلور - وبذلك يصبح البئر صالحا للاستعمال .

المضخات المستعملة لرفع مياه الآبار

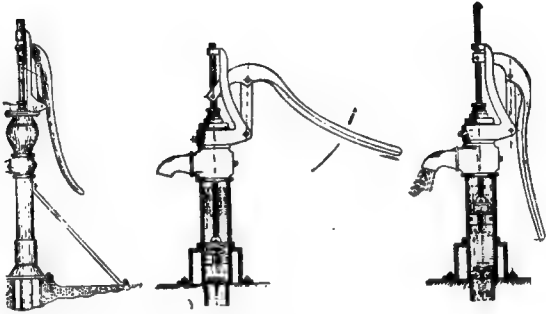
لما كان منسوب المياه الجوفية عادة أقل من منسوب الأرض في منطقة البئر (ألا في حالة الآبار الارتوازية المتدفقة) فإن الأمر يحتاج دائماً إلى رفع المياه إلى الخزانات التي تتوزع منها المياه على المنازل وما فيها من أجهزة صحية - وهناك أنواع كثيرة من المضخات التي تستعمل لهذا الغرض وأكثرها استعمالاً هي :-

- (أ) المضخة الماصة (Suction pump) .
- (ب) المضخة الماصة الكابسة (Suction Pressure pump) .
- (ج) المضخة الماصة الكابسة المزدوجة (Double force pump) .
- (د) المضخة ذات القوة الطاردة المركزية (Centrifugal pump) .
- (هـ) مضخات الرفع بالهواء المضغوط (Air lift pump) .
- (و) مضخات الرفع بالنافورة (Jet pump) .

ويتوقف اختيار أى نوع من هذه الأنواع على كمية المياه المراد رفعها والمنسوب بالمراد رفع المياه إليه ومنسوب المياه في البئر وعلى القوة المحركة التييسر الحصول عليها .

(أ) المضخات الماصة (شكل ٤ - ٢٩) :

وهي غالباً تدار باليد وتستعمل لرفع الماء من الآبار إلى سطح الأرض فقط أى لا ترفعها إلى أعلى من الطلعة نفسها ولا يزيد تصرفها عادة عن ٢٥



(شكل رقم ٤ - ٧٩)

لتر/ دقيقة وهى عبارة عن اسطوانة من الزهر بداخلها كباس متصل بذراع يرتكز على حافة الاسطوانة من أعلى مكونا رافعة بسيطة يمكن بواسطتها تحريك الكباس رأسياً داخل الاسطوانة .

ويوجد بالمضخة صمامان الأول صمام الكباس والثانى صمام المص المركب على ماسورة السحب (Suction pipe) عند اتصالها باسطوانة الطلمبة . وكلا الصمامين يفتح فى اتجاه واحد إلى أعلى .

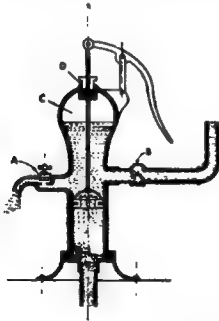
طريقة عمل المضخة :

عندما يرتفع المكبس إلى أعلى يحدث خلخلة للضغط داخل الاسطوانة وبذلك يتحرك صمام المص إلى أعلى وينفذ بعض الماء من البئر إلى أنبوبة المص إلى الاسطوانة إذ يتعرض الماء فى البئر للضغط الجوى . وعندما يتحرك المكبس إلى أسفل يقلل من صمام المص اتوماتيكيا بفعل وزنه - بينما يتسرب الماء الموجود فى الاسطوانة من صمام الكباس إلى خارج الطلمبة - ويلاحظ

أن الماء لا يخرج من الطلمبة باستمرار بل يخرج متقطعاً كلما ارتفع الكباس إلى أعلى . كما يلاحظ أن هذه الطلمبات لا توضع على سطح الأرض إلا إذا كانت المياه الجوفية على عمق لا يزيد عن سبعة أمتار والا انزلت الاسطوانة في داخل البئر كما ذكر سابقاً .

(ب) المضخات الماصة الكابسة : (شكل ٤ - ٣٠) .

حيث أن المضخات الماصة مفتوحة في أعلى الاسطوانة فأنها لا ترفع الماء إلى منسوب عال (أعلى من فوهتها) ولذلك اقتصر استعمالها على رفع الماء من الآبار السطحية أو من خزانات مياه المطر إلى منسوب سطح الأرض أو إلى حوض غسيل في المطابخ أو أحواض شرب للحيوانات في العزب ولكنه إذا تطلبت الحاجة رفع الماء إلى منسوب عال حتى يمكن توزيعها في أنابيب المياه للمنزل فإنه يستعمل لهذا الغرض المضخة الماصة الكابسة، التي تقوم بدفع المياه إلى المنسوب المطلوب بالإضافة على عملية مصها من البئر . ولا



A : صمام تفريغ الطلمبة

B : صمام أنبوبة الطرد

C : حيز هواء

D : ثقب محكم

(شكل رقم ٤ - ٣٠)

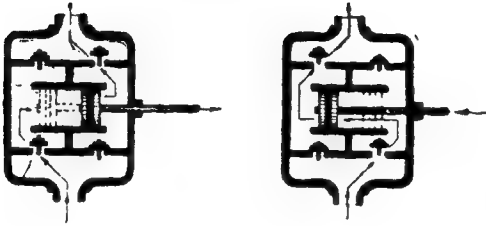
تختلف نظرية استعمالها عن المضخة الماصة إلا أنها غير مفتوحة من أعلى أى أن المحور المحرك للمكبس يمر في ثقب يسمح بحركته بسهولة وفي نفس الوقت لا يسمح بنفاذ الماء . وتتصل الأنبوبة التي يكبس فيها الماء بأعلى الاسطوانة بواسطة صمام يفتح عندما يتحرك المكبس إلى أعلى دافعا فيها الماء الموجود بالاسطوانة .

وكما ذكرنا قبلا يكون اندفاع الماء من المضخة متقطعا كلما ارتفع المكبس إلى أعلى ولكن في حالة المضخة الماشية الكابسة يمكن تلافي هذا العيب ليخرج الماء منها منتظما بواسطة حيز من الهواء (C) في أعلى اسطوانة الطلمبة (شكل ٤-٣٠) فعندما يرتفع المكبس ينفذ بعض الماء إلى حيز الهواء هذا فتضغط الهواء الموجود فيها ويصعد بعض من الماء في أنبوبة الكبس وعند حركة الكباس إلى أسفل يبطل اندفاع الماء إلى حيز الهواء ويأخذ الهواء المضغوط في التمدد وبذلك يدفع جزءا من الماء في أنبوبة الكبس، أى أن الماء يندفع باستمرار في أنبوية الكبس وبذلك يكون تصرف الماء منتظما نوعا ما .

(ج) المضخات الماصة الكابسة المزودة (شكل ٤ - ٣١) :

في هذا النوع يدخل الماء إلى ماسورة الكبس الصاعدة في كل من الشوطين ولذلك سميت مزدوجة ويتم ذلك بواسطة أربعة صمامات اثنتان للمص واثنتان للكبس يتحرك بينهما المكبس إلى أعلى كما هو موضح بالشكل . وبذلك يكون التصرف من الطلمبة مستمرا غير متقطع . وهذا ويمكن زيادة انتظام خروج الماء من الطلمبة بإضافة اسطوانة هوائية كما سبق شرحه في حالة المضخة الماصة الكابسة المفردة .

وتستعمل المضخات الماصة الكابسة كثيراً في القرى والمباني المنزلة لسحب المياه من الآبار المحفورة أو المدقوقة على أن تدار يدوياً إذا لم يزد



(شكل رقم ٤ - ٣١)

تصرفها عن ٢٥ خمسة وعشرين ليرا في الدقيقة أما إذا زاد التصريف عن ذلك أو استعملت لسحب المياه من الآبار المنحوتة العميقة . فيحتاج الأمر عندئذ إلى قوة ميكانيكية لتشغيل الطلمبة .

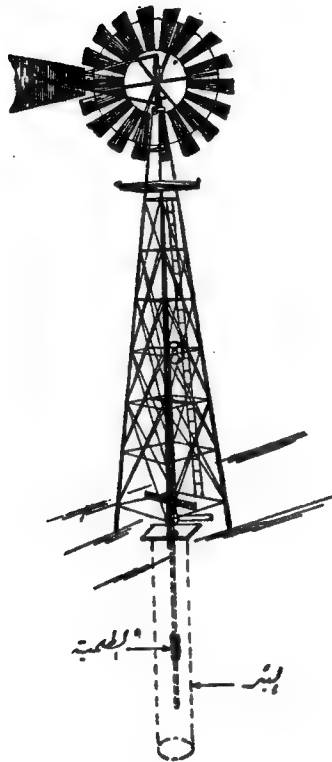
كما يستعمل أحيانا القوى الطبيعية مثل الرياح في ادارة المراوح الهوائية (Wind mill) لتحريك الطلمبات الخاصة الكابسة لرفع المياه من الآبار (شكل ٤ - ٣٢) وذلك في الأحوال الآتية :

١ - هبوب رياح بسرعة لا تقل عن ثمانية كيلومترات في الساعة أغلب الأوقات .

٢ - انشاء حوض يتسع لتخزين كمية من المياه كافية للاستهلاك العادى لمدة ثلاثة أيام وذلك احتياطا عند توقف الرياح مدة طويلة .

٣ - عمل وصلة ميكانيكية للطلمبة تسمح بادارتها يدويا إذا توفقت الرياح مدة طويلة .

٤ - وجود المنزل المراد مده بالمياه في منطقة خلوية منسعة دون عوائق عالية طبيعية مثل الأشجار أو رفع المروحة خمسة أمتار على الأقل أعلى من أى عائق قريب .



(شكل رقم ٤ - ٣٢)

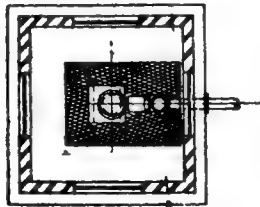
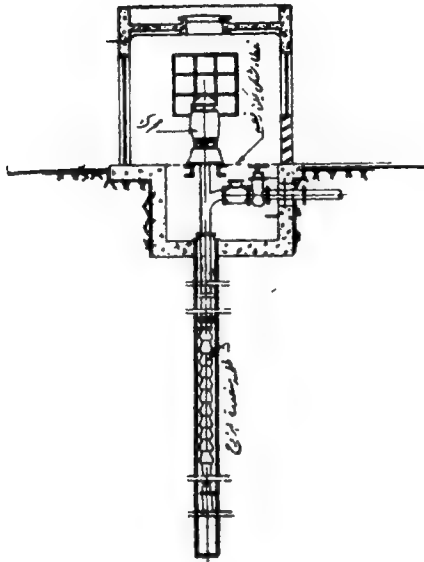
(٥) المضخات ذات القوة المركزية الطاردة (شكل ٤ - ٣٣) :

هذه الطلمبات تتكون من مروحة ذات أجنحة منحنية (Impeller) تلور بسرعة حول المحور داخل حيز دائري مقفل (Casing) وتدخل المياه إلى هذا الحيز في المركز فتقابل المروحة التي تلور بسرعة بنتج عنها طرد المياه إلى محيط الحيز ومن ثم إلى ماسورة المخرج .



(شكل رقم ٤ - ٣٣)

وهذه الطلمبات تحتاج إلى محرك ميكانيكي أو كهربائي ويقصر استعمالها على الآبار ذات التصرف العالي نسبياً والتي تحلم قرية أو مجموعة من القرى . وهناك نوع من الطلمبات يحتوى على أكثر من مروحة وهو ما يسمى (Multi - Stage) إلا أن هذا النوع لا يستعمل إلا في عمليات المياه الكبيرة التي تدفع فيها المياه إلى مسافات بعيدة أو إلى ارتفاعات عالية أو كانت المياه على أعماق كبيرة داخل البئر إذ أن كل مروحة كافية لرفع المياه من خمسة عشر متراً إلى خمسة وعشرين متراً (شكل ٤ - ٣٤) :

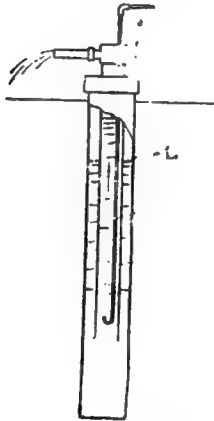


(شکل رقم ۴ - ۷۴)

وضع الطلمبة بالنسبة لمنسوب المياه في البئر :

وكثيراً ما يفضل في جميع أنواع المضخات أن توضع المضخة تحت سطح الماء وذلك بانزائها في ماسورة البئر على أن تتصل بالمحرك الموجود في منسوب أعلى من منسوب المياه الجوفية بواسطة محور دوران ذو طول كافٍ إلا أن زيادة طول محور الدوران قد يسبب بعض المتاعب الميكانيكية وفي هذه الحالة تنشأ بئارة عميقة صماء فوق البئر مباشرة على أن توضع المضخة في أسفلها وتدار الطلمبة بمحرك كهربائي داخل البئارة فوق الطلمبة مباشرة . وبهذا يمكن تفادي متاعب محور الإدارة الطويل إلا أن من مضار هذه الطريقة احتمال تسرب الماء الجوفي داخل البئارة مما قد يسبب بعض المتاعب في المحرك .

(٥) مضخات الرفع بالهواء المضغوط (شكل رقم ٤ - ٣٥) :



(شكل رقم ٤ - ٣٥)

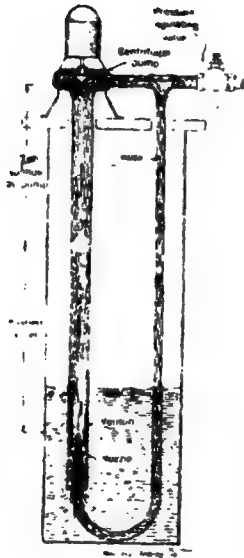
وهذا النوع من المضخات عبارة عن ماسورة يضغط فيها الهواء على أن تركيب الماسورة داخل البئر بحيث ينحني طرفها الأسفل إلى أعلى في مدخل ماسورة سحب المياه وذلك لتوجيه الهواء المضغوط تحت عمود المياه الموجود في ماسورة السحب .

وعند تشغيل الهواء المضغوط يختلط الهواء أثناء صعوده إلى أعلى بالماء داخل ماسورة السحب مما يسبب ارتفاع الماء نتيجة لقلة كثافته مخلوط الماء والهواء في ماسورة السحب عنه في البئر . ولا تزيد جودة هذه الملاحظات عن ٥٠٪ وتتناقص كلما زاد عمود الرفع .

(و) مضخة الرفع بالنافورة (شكل رقم ٤ - ٣٦) :

وهي مضخة طاردة مركزية عادية إلا أن ماسورة السحب تحتوى في أسفلها على مضيق يشبه الفتورى كما يتفرع من ماسورة الطرد ماسورة صغيرة توجه إلى أسفل لتنتهى بفتحة مسلوبة (tapered nozzle) تخرج منها المياه مندفعة في مضيق الفتورى الموجود في أسفل ماسورة السحب - وعند بدء تشغيل الطلمبة تمر المياه من مصدر خارجي في الفرع من ماسورة الطرد المتجه إلى أسفل وباندفاع المياه في مضيق الفتورى تتوالد خلخلة للضغط في ماسورة السحب مما يسبب ارتفاع المياه في داخلها وهكذا حتى تمتلئ ماسورة السحب بالمياه من البئر وتختلط مياه البئر بالمياه الأخرى ومن ثم تبدأ المياه في الخروج من ماسورة الطرد . عندئذ يوقف إمداد المياه إلى الطلمبة من المصدر الخارجى وبدوران الطلمبة يستمر سير الماء في ماسورة الطرد ليتفرع جزء منه ويتجه إلى أسفل ليعود إلى مضيق الفتورى مسبباً استمرار خلخلة للضغط فيها لترفع المياه في ماسورة السحب إلى الطلمبة إلى ماسورة الطرد .

ويمتاز هذا النوع من الطلمبات بقلة تكاليف التشغيل وسهولة الصيانة نظراً لعدم وجود أجزاء متحركة تحت سطح الماء وتصل جودته إلى ٧٥ -



(شكل رقم ٤ - ٣٦)

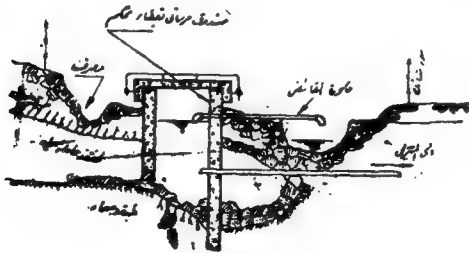
٨٠ ٪ - كما يتميز بإمكان وضع الطلمبة على منسوب يرتفع عن سطح الماء في البئر أكثر من سبعة مترات ، إذ أن خلخلة الضغط في ماسورة السحب عند الفتوى تسبب ارتفاع الماء في ماسورة السحب إلى منسوب لا يبعد عن الطلمبة أكثر من سبعة أمتار . ومن ثم يمكن للطلمبة رفع المياه .

الينابيع أو العيون :

تنشأ الينابيع عندما تتقابل الطبقة المسامية الحاملة للمياه الجوفية مع سطح الأرض (شكل رقم ٤ - ١١) أو عندما تتقابل هذه الطبقة شقاً رأسياً مؤدياً إلى سطح الأرض (شكل رقم ٤ - ١١) وتكون المياه بها تحت ضغط كاف لرفع الماء في هذا الشق إلى سطح الأرض. والنوع الأول هو ما يسمى بالينابيع السطحية والثاني بالينابيع العميقة ولا تختلف مياه الينابيع كثيراً عن مياه الآبار وينطبق عليها ما سبق ذكره من مواصفات .

وقاية الينابيع من التلوث :

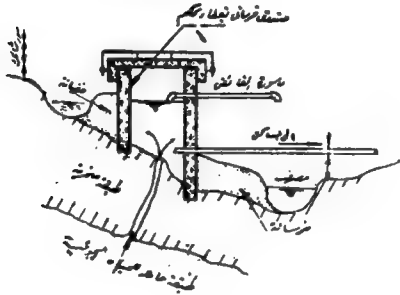
والينابيع السطحية عرضة للتلوث عند الفوهة ولذا يجب العناية بوقايتها من خطر التلوث بتنظيم جمع الماء حول الفوهة . ولوقاية الينابيع السطحية يبنى صندوق خرساني بدون قاع فوق مخرج الماء على أن يحاط هذا الصندوق بجري صغير لصرف المياه السطحية دون أن تصل إلى العين وبسور من السلك الشائك لمنع استعمال المنطقة استعمالاً قد يسبب تلوثها (شكل رقم ٤ - ٣٧) .



(شكل رقم ٤ - ٣٧)

أما الينابيع العميقة فيكنى ببناء هذا الصندوق مع التأكد من عدم سماحه للمياه السطحية بالتسرب إلى الداخل (شكل ٤ - ٣٨) .

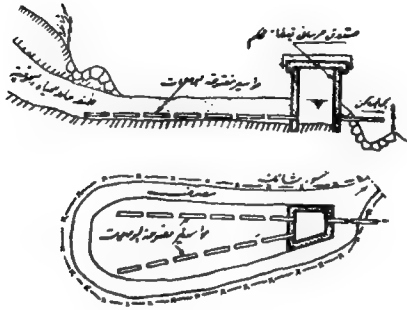
أما إذا وصلت مياه الينوع إلى سطح الأرض في مساحة واسعة لا يمكن احاطتها بصندوق . فينشأ خط أو أكثر من المواسير المفتوحة الوصلات . تؤدي هذه المواسير إلى الصندوق الذي تجمع فيه المياه على أن تحاط هذه المواسير بالزلط حتى يمكن تجميع أكبر كمية من الماء وتحاط المساحة كلها بسور شائك حتى لا تستعمل هذه المساحة استعمالاً قد يكون مصدراً للتلوث كما تحاط



(شكل رقم ٤ - ٣٨)

بمصرف لصرف أى مياه سطحية تجد طريقها إلى هذه المساحة (شكل ٤ - ٣٩)

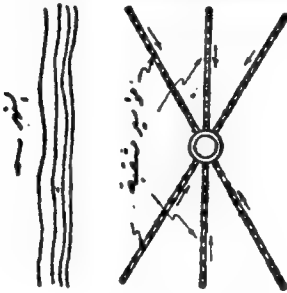
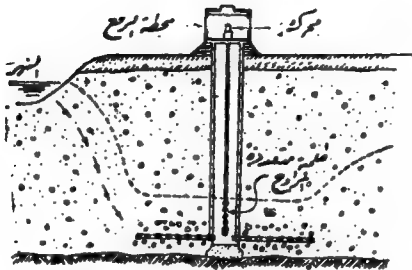
ويلاحظ أن صندوق جمع المياه من الينوع في أى حالة تخرج منه ماسورتان واحدة للمنزل والأخرى لفنائض لصرف المياه الزائدة عن الحاجة إلى المصرف .



(شكل رقم ٤ - ٣٩)

الآبار ذات الأقطار الكبيرة (شكل ٤ - ٤٠) :

وهي التي يتراوح قطرها بين ٤ و ٦ متر ويتم انشاؤها بنفس طريقة التفويص المذكورة في حفر الآبار المحفورة (dug well) .
 إلا أنه في هذه الحالة يمتد من داخل البئر مدادات أفقية قد يصل عددها إلى اثني عشر وقطر كل منها من ٣ إلى ٤ بوصة وبطول حوالى خمسين متراً وينتهى كل مداد بماسورة مثقبة (راجع الآبار المدقوقة) . وفي هذه الحالة يكون قاع البئر أصم وكذلك حوائطه أما المصدر الرئيسى لدخول المياه من الأرض إلى البئر فهي المواسير المثقبة الموجودة في نهاية المدادات . وتسمى هذا النوع من الآبار الأفقية . وهي معروفة في أمريكا باسم (Ranney well) كما قد يستعاض عن مواسير المدادات ببناء أنفاق مغطاه متفرعة من البئر على أن تكون بعرض حوالى نصف متر وارتفاع حوالى متر - ومادة بناء هذه الأنفاق الطوب أو الدبش بلون مونة .



(شكل رقم ٤ - ٤)

الباب الخامس

اعمال امداد المدن بالمياه السطحية

(Surface water supply works)

سبق أن ذكر أن مياه الأمطار والمياه الجوفية تكون عادة قليلة الكمية بالنسبة للمياه السطحية مما يجعل الاعتماد عليها ك مصدر لمياه المدن غير ممكن ولهذا فهي تستعمل عادة ك مصدر للمياه اللازمة للمدن الصغيرة ولاقرى والعزب والمباني المنعزلة - ولذلك تلجأ البلاد الكبيرة إلى المياه السطحية - وهى الأنهار وفروعها والترع والبحيرات العذبة . لاستعمالها مصدراً للمياه نظراً لتوافر كمياتها بالنسبة للمياه الجوفية بالرغم من تلوثها : الأمر الذى يوجب تنقيتها قبل استعمالها .

واهم مصادر التلوث فى المياه السطحية :

- ١ - صرف المخلفات السائلة فى بعض المدن إلى الأنهار والبحيرات دون تنقية أو بعد تنقية ابتدائية لا تحمد من الأضرار التى قد تنتج من تلوث المجرى المائى .
- ٢ - مياه الأمطار بعد أن تصل إلى الأرض وهى فى طريقها إلى الأنهار تجرف أمامها فضلات النباتات والحيوانات والأتربة إلى مجرى النهر مما يسبب تلوث ماء النهر .
- ٣ - صرف مخلفات المصانع بما قد تحويه من أحماض وشموم وكمياويات عضوية وغير عضوية فى المسطح المائى دون رقابة تحمد من الأضرار الناتجة عن ذلك .
- ٤ - غسيل الملابس والاستحمام فى مياه الترع والأنهار .
- ٥ - القاء الحيوانات الميتة فى مجارى الأنهار وكذلك الترع والبحيرات .
- ٦ - القاء مخلفات المراكب والسفن فى الأنهار والترع التى تسير فيها كما أن توقف السفن بجوار الكبارى انتظاراً لمواعيد فتحها يزيد من تركيز المخلفات بالقرب من المدن نظراً لوجود معظم الكبارى بجوار المدن .

ويظهر أثر ذلك واضحاً في ترعة المحمودية التي تعتبرق الاسكندرية كقناة ملاحية هامة ، مما اضطر السلطات المسئولة إلى انشاء ترعة خاصة بمياه الشرب تتفرع من ترعة المحمودية عند عزبة خورشيد قبل الكبارى العديدة المقامة عليها في داخل حدود مدينة الاسكندرية وذلك لتفادى التلوث الناتج من حركة الملاحة المركزة في ترعة المحمودية داخل نطاق مدينة الاسكندرية .

٧ - القاء مخلفات العوامات التي ترسو على جوانب الأنهار في الماء مباشرة .

٨ - مياه الرشح التي تصل إلى الأنهار من المياه الجوفية بعد أن تكون هذه قد مرّت على طبقات الأرض الملحية .

وأعمال اعداد لندن بالياه يمكن تلخيصها ال ثلاثة أجزاء وليسية :

(١) أعمال تجميع المياه (Collection Work) :

والغرض منها سحب المياه من مصدر الماء ورفعها إلى أعمال التنقية - وهذه تشمل :

١ - المأخذ على النهر أو البحيرة (Intake)

٢ - سحارة المأخذ (Intake Conduit)

٣ - محطات طلبمبات الرفع الواطى (Low Lift Pumps)

(ب) أعمال تنقية المياه (Water Purification Works) والغرض منها :

١ - تحسين الصفات الطبيعية للماء بازالة العكارة واللون والطعم

والرائحة وبهذا تصبح مستساغة (Palatable) .

٢ - قتل البكتيريا خصوصاً الضارة لجعل المياه صالحة للاستهمال من

الناحية الصحية .

٣ - إزالة بعض المركبات الكيماوية التي قد تتعارض مع استعمالات المياه وتوقف طريقة التنقية المختارة على الصفات الأصلية للمياه وما فيها من شوائب - والاستعمال المتوقع للماء وتشمل أعمال التنقية :

- ١ - التخزين لمدة طويلة Prolonged Storage
- ٢ - الترسيب الطبيعي Plain Sedimentation
- ٣ - الترشيح الرملي البطيء Slow Sand Filtration
- ٤ - الترسيب مع استعمال الكيماويات Chemical Precipitation
وهذا يشمل ثلاثة خطوات رئيسية : المزج السريع ، المزج البطيء ، ثم الترسيب .
- ٥ - الترشيح الرملي السريع Rapid Sand Filtration
- ٦ - التطهير Water Disinfection
- ٧ - إزالة عسر الماء Water Softening
- ٨ - إزالة الحديد والمنجنيز Iron & Manganese Removal
- ٩ - تهوية المياه لازالة الغازات Aeration
- ١٠ - ازالة الأملاح المسببة للطعم Desalination

ومحطات تنقية المياه للمدن عادة تحوى عدداً محدوداً من هذه العمليات لتؤدى الغرض المطلوب من تنقية المياه وجعلها مطابقة للمواصفات والمعايير الواجب توافرها في المياه المستعملة للشرب والأغراض المنزلية الأخرى (والمذكورة في آخر هذا الباب) إلا أنه يمكن تقسيم محطات تنقية المياه إلى ثلاثة أنواع رئيسية .

(١) محطات تنقية المياه بالترشيح الرملي البطيء :

Solw Sand Filtration Plant

وهي تشمل : الترسيب الطبيعي ثم الترشيح البطيء ثم التعقيم .

(٢) محطات تنقية المياه بالترشيح الرملى السريع :

Rapid Sand Filtration Plant

وهى تشمل الترسيب باستعمال الكيماويات المروبة . ثم الترشيح الرملى السريع ثم التعقيم .

(٣) يضاف إلى ذلك محطات لأغراض خاصة مثل إزالة عسر الماء أو إزالة أملاح الحديد والمنجنيز أو إزالة ملوحة المياه .

(٤) أعمال توزيع المياه المرشحة : (Water Distribution Works)

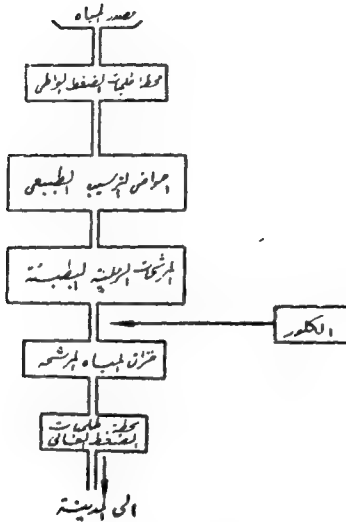
وهذه تشمل :

١ - محطات الرفع العالى (High Lift Pumps) والغرض منها هو رفع المياه من خزان المياه المرشحة ودفعه فى شبكات التوزيع فى المدينة بقوة كافية حتى لا يقل الضغط فى أقصى المدينة عن ٢.٥ متر ماء .

٢ - شبكات التوزيع (Pipe net Works) وهى مواسير المياه المختلفة الأقطار والمنتشرة لتوزيع المياه فى جميع أنحاء المدينة .

٣ - الخزانات العالية (Elevated Tanks) والغرض منها تخزين كميات من المياه على منسوب مرتفع لمواجهة احتمال حدوث خلل أو عطل غير متوقع فى وحدات التنقية أو الرفع - وكذلك سد احتياجات زيادة معدل استهلاك المياه عن معدل ضغط الطلبات للمياه فى شبكة المواسير - وكذلك الحد من تغير الضغط فى المناطق البعيدة من المدينة .

والأمشكال رقم (٥ - ١ - ٥ - ٢) ، يبين خطوات سير المياه فى



(شكل رقم ٥ - ١)

عمليات امداد المدن بالمياه النقية من مصادر المياه السطحية .

والمياه السطحية تتميز بكثرة ما فيها من طحالب - وهي أنواع من النباتات الدقيقة السريعة التكاثر بالانقسام في المياه السطحية نظراً لتعرضها الدائم لضوء والهواء بمسطحات واسعة . وفي مصر لم تكن هذه المشكلة قبل انشاء السد العالي ظاهرة ومتعبة بشكل واضح كما هو حادث الآن حيث انها كانت قبل انشاء السد مشكلة موسمية محدودة في أشهر ما قبل الفيضان .

توافر العوامل الغذائية والمناخية المناسبة لتكاثر الطحالب .

ومن أهم التلاعب التي تلتج عن وجود الطحالب في مصادر امداد المياه ما ياتي :

- ١ - ظهور طعم ورائحة ولون بمياه الشرب .
 - ٢ - تقليل كفاءة المرشحات بتقصير فترات تشغيلها والحاجة إلى غسلها على فترات متقاربة جداً تصل إلى مرتين وثلاثة أو أكثر في اليوم الواحد وبالتالي فقد كمية كبيرة من المياه المرشحة المستخدمة في الانسيل علاوة على نقص كمية المياه المعالجة نفسها .
 - ٣ - نمو الطحالب وأحياء أخرى غير مرغوبة تعتمد على وجود الطحالب أصلاً في توطيد مقامها داخل المواسير وشبكات التوزيع ووسائل نقل المياه بشكل عام .
 - ٤ - صعوبة استعمالها في الصناعة نتيجة لتدخل الطحالب في الاستعمالات الصناعية للمياه بتفجيرها لنوعية المياه من افراز للهلام وتبدلها للاسس الأيلروجيني ونتاجها للغازات الزائبة وزيادة ما تحتويه من المادة العضوية .
 - ٥ - تساعد الطحالب بطريقة غير مباشرة على سرعة تآكل المواسير المعدنية والخزانات وابراج التبريد... الخ .
- وتعتبر البيئة الطبيعية في مصر مناسبة جداً من حيث توافر العوامل التي تؤدي إلى زيادة نمو الطحالب وتكاثرها والتي من أهمها : توافر ضوء الشمس على مدار السنة - درجة حرارة مناسبة ووجود الغذاء المناسبة بمياه النيل التي تحتوي على كميات كافية من الأملاح المعدنية الذائبة والمواد العضوية المحفزة على نمو الطحالب .

ومن أهم الطحالب التي تتكاثر في مصر مسببة المتاعب السابق ذكرها :
الدياتومات - الطحالب الزرقاء - الطحالب الخضراء - الطحالب الصفراء
والسوطيات وتمثل كل مجموعة من المجموعات السابقة بعدة أجناس تختلف
كياتها النسبية باختلاف الأشهر كما تختلف بعض انشء باختلاف مكان أخذ
العينات .

وفي ترعة مياه الشرب لمدينة الاسكندرية تتراوح متوسطات مجموع
اعداد النباتات الطحلبية بين ٥٠٠ ألف خلية و ٢ مليون خلية في اللتر .
وتمثل رتبة الدياتومات وحدها في معظم الأوقات وعند مختلف نقاط الرصد
على امتداد ترعة مياه الشرب ، نصف مجموع الفلورا الطحلبية تقريبا .
ويحتل الدياتوم الخيطي (ميلوزيرا Melosira) مكان الصدارة بين مجموعة
الدياتومات التي تسود ترعة مياه الشرب .

كما تشكل الدياتومات الأخرى في مجموعها أهمية لا تقل عن الميلوزيرا .
وان كانت كأنواع متفردة تقل عدديا عن ميلوزيرا في أغلب الأحيان .
وتلي الدياتومات من ناحية الكثرة العددية مجموعة الطحالب الزرقاء . وتحتل
الطحالب الخضراء من ناحية أهميتها العددية بترعة مياه الشرب لمدينة الاسكندرية
المرتبة الثالثة بعد الدياتومات والزرقاوات .

ونظراً لمتاعب التي تسببها تواجد الطحالب بكثرة في مصدر
المياه (والسابق ذكرها) فإنه في أغلب الأوقات يفضل دائماً العمل على اإبادة
وازالة هذه الطحالب من الماء قبل أن تصل إلى عمليات التنقية - أو في
أحواض أو خزانات خاصة وذلك تخفيفاً للمبيء على عمليات التنقية ومنعاً
للمتاعب في تشغيلها .

وأهم الطرق المتبعة لأحد من تكاليف هذه الطحالب في السطحات المائية :

(١) الرقابة على انشاء وتشغيل خزانات المياه :

١ - عدم السماح بتواجد أماكن قليلة العمل أو راكدة المياه على جوانب الخزانات .

٢ - عدم تخزين المياه التي قد تحتوى على مواد عضوية في خزانات مكشوفة إذ أن تواجد المواد العضوية وضوء الشمس يساعدان على تكاثر هذه الطحالب .

٣ - تنظيف الخزانات المكشوفة دورياً مع تغيير المياه على فترات .

٤ - رش ذرات الكربون المنشط على سطح المياه حتى ينتج عن ذلك درجة من العكارة تحد من انتشار الضوء في جسم الماء مما يحد من تكاثر الطحالب . ولقد أمكن الحصول على نتائج طيبة برش الكربون المنشط بمعدل عشرة جرام لكل متر مربع من سطح الخزان .

(ب) استعمال الكيماويات :

١ - استعمال كبريتات النحاس بالمعدلات الآتية :

١،٢ جزء في المليون لعاقة نمو الطحالب في المسطح المائي .

١-٢ جزء في المليون لإبادة الطحالب الموجودة .

ولقد وجد أن هذه النسب لا تؤثر على الثروة السمكية كاملاً تؤثر على صحة الإنسان وتضاف كبريتات النحاس إلى المسطحات والمجارى المائية بأحد الوسائل الآتية :

- ربط كس مسمى بماء كبريتات النحاس في واحة قارب وانتحول بالقارب في المسطح المائي .

- رش محلول مركز من كبريتات النحاس على سطح الماء .

- رش بوفرة كبريتات النحاس على سطح الماء .

٢ - استعمال غاز الكلور كبيد للطحالب :

وهذه الطريقة لا تستعمل كثيراً نظراً للتأثيرات المحسنة التي يحصل عليها باستعمال كبريت النحاس مع سهولة استعمالها - يضاف إلى ذلك صعوبة تغذية أحجام كبيرة من الماء بغاز الكلور - ولا احتمال توالد روائح عند استعمال غاز الكلور ولقد نجحت تجارب باستعمال (Guprichloramine) وهو مركب من الأمونيا والكلور وكبريتات النحاس في إبادة الطحالب من المسطحات المائية . كما تبين أهمية إبادة هذه الطحالب من المسطحات المائية نظراً لما تسببه من روائح في المياه . وهذه الروائح تختلف تبعاً لكمية ونوع هذه الطحالب كما يتبين من الجدول (٥ - ١) الذي يبين تركيز كبريتات النحاس أو الكلور اللازم لإبادة كل فرع من أنواع هذه الطحالب .

جدول رقم (٥ - ١)

| الطحالب | الرائحة | كبريتات النحاس | كلور مجم / لتر |
|-------------|--------------|----------------|----------------|
| ميلوسيرا | ترايبية | ٠,٢ | ٢ |
| نافيكولا | Earthy | ٠,٧ | |
| سيندرا | | ٠,٥ - ٠,٣ | ١,٠٠ < |
| بودوراينا | رائحة سبكية | ٤ - ١٠ | |
| خضرواوات | Fishy | ٠,٢٥ | ١,٠٠ < ٠,٣ |
| فولفو كس | | | |
| أوبينسا | عشبية وفطرية | ٠,١٢ | ١,٠٠ < ٠,٥ |
| أوسياتوريا | Moldy grassy | ٠,٥ - ٠,٢ | ١,٠٠ |
| ميكروستنس | | | |
| سوطيات | بريدنيم | ٠,٥ - ٢,٠ | |
| كريبتوماتاس | Clam Shells | | |

المعايير

الواجب توافرها في مياه الشرب والاستعمال المنزلي

أولاً : الخواص الطبيعية :

اللون : ١٠ وحدات بقياس الكوبلت ٤٠ وحدة بقياس الكوبلت
البلاتيني

العكارة : ٥ وحدات (جزء في المليون) ٢٥ وحدة (جزء في المليون).

الطعم : مقبول

الرائحة : مقبولة

ثانياً : الخواص الكيماوية :

١ - المواد السامة :

يجب أن تكون المياه خالية من المواد السامة كما يجب ألا تزيد نسبة المواد
المذكورة بعد - ان وجدت - عن الحد المقرر قرين كل منها :

| المادة | الحد الأقصى |
|----------------------------------|-------------------------|
| الرصاص | ٠,١٠٠ ملليجرام في اللتر |
| الزرنيخ | ٠,٠٥ ملليجرام في اللتر |
| الكروم (سداسي التكافؤ) | ٠,٠٥ ملليجرام في اللتر |
| السليسيوم | ٠,٠٥ ملليجرام في اللتر |
| السيانيد | ٠,٠١ ملليجرام في اللتر |

٢ - المواد الكيميائية التي لها تأثير خاص على الصحة :

| | | |
|--------------------------------|------|------------------|
| الفلوريدات مقلدة على أساس (فل) | ١,٥ | مليجرام في اللتر |
| النترات مقلدة على أساس (ن) | ١٠,٠ | مليجرام في اللتر |

٣ - المواد الكيميائية التي تؤثر على استساغة المياه للشرب والاستعمال المنزلى :

| المسادة | المسموح به | الحد الأقصى |
|--|------------|-------------------------|
| مجموع الأملاح | ١,٠٠٠ | ١٢٠٠ مليجرام في اللتر |
| الحديد | ٠,٣ | ١,٠٠ مليجرام في اللتر |
| المنجنيز | ٠,٣ | ١,٠٠ مليجرام في اللتر |
| (بشرط ألا تزيد نسبة الحديد والمنجنيز معا عن ١,٥) | | |
| النحاس | ١,٠٠ | ١,٥ مليجرام في اللتر |
| الزنك | ٥,٠٠ | ١٥,٠٠ مليجرام في اللتر |
| المغنسيوم | ١٠٠,٠٠ | ١٥٠,٠٠ مليجرام في اللتر |
| الكالسيوم | ١٥٠,٠٠ | ٢٥٠,٠٠ مليجرام في اللتر |
| الكبريتات (كـ ب أ) | ٢٥٠,٠٠ | ٥٠٠,٠٠ مليجرام في اللتر |
| الكلوريدات (كل) | ٣٠٠,٠٠ | ٦٠٠,٠٠ مليجرام في اللتر |
| الفيول | ٠,٠٠١ | ٠,٠٠٢ مليجرام في اللتر |
| الأمس الأيذروجيني | ٧,٠٠-٨,٨ | ٦,٥-٧,٥ ، ٨,٥-٩ |

ثالثاً : المواد المشعة :

| المسادة | الحد الأقصى |
|-------------------------|--------------------------|
| المشعات من فصيلة (الفا) | ١٠-٩ ميكروكيو في المليتر |
| المشعات من فصيلة (بيتا) | ١٠-٨ ميكروكيو في المليتر |

رابعاً : المعايير البكتريولوجية :

- ١ - المياه المعالجة بالمطهرات : يجب ألا يزيد العدد الاحتمالي للمجموعة القولونية عن واحد في ١٠٠ مليلتر (مع ذكر حدود الثقة) .
 - ٢ - المياه الجوفية غير المعالجة : يجب ألا يزيد العدد الاحتمالي للمجموعة القولونية عن ١٠ في ١٠٠ مليلتر (مع ذكر حدود الثقة) .
- خامساً : يجب في جميع الأحوال التي تزيد فيها النسبة عن الحد الأقصى في هذه المعايير أن تعرض على المختصين للنظر فيها قبل التصريح باستعمال المياه .

الباب السادس
اعمال تجميع المياه السطحية
(Collection Works)

وهذه كما ذكر سابقاً تشمل :

- ١ - المأخذ Intake
- ٢ - سحارة المأخذ (Intake Conduit)
- ٣ - محطة طلبات الرفع الواصل Low Lift Pump

المأخذ Intake

وهي الأعمال الانشائية التي تقام على جانب مصدر المياه سواء الأنهار أو الترع أو البحيرات ليؤخذ منها الماء بطريقة سليمة ومنها يسير في سحارة المأخذ حتى يتر محطة طلبات الرفع الواصل.

وهناك أنواع مختلفة للمأخذ إلا أن اختيار النوع المناسب يتوقف على العوامل الآتية :

- ١ - مصدر المياه المستعمل (النهر أو البحيرة أو التربة) .
- ٢ - التغير في منسوب المياه .
- ٣ - عمق المياه وطبيعة قاع المصدر المائي .
- ٤ - احتياجات الملاحه .
- ٥ - تأثير التيارات والفيضانات على مبنى المأخذ .
- ٦ - احتمالات تلوث المصدر المائي .

على أنه يجب في أي من الأحوال مراعاة الشروط الآتية في جميع أنواع المأخذ :

- ١ - أن يكون سعته كافية لامتداد المدينة بالماء اللازمة لمدة طويلة مستقبلاً
- ٢ - أن يكون موقع المأخذ فوق التيار (Upstream) بالنسبة لمدينة أو أي مصدر للتلوث.

٣ - أن يكون موقع المأخذ بعيداً عن المدينة مسافة تسمح بامتداد المدينة في المستقبل .

٤ - وقاية موقع المأخذ من أى تلوث مباشر وذلك بمنع ارتداد أو استعمال الأهالي للمنطقة تمتد على جانبي الموقع ، تصل إلى ٥٠٠ متر فوق التيار . ١٥٠ متر تحت التيار بالنسبة للمأخذ ، ويكون ذلك بعمل سور من السلك الشائك حول هذه المنطقة وكذلك وضع اللقائن الضرورية .

أنواع المأخذ :

١ - مأخذ ماسورة (Pipe Intake) :

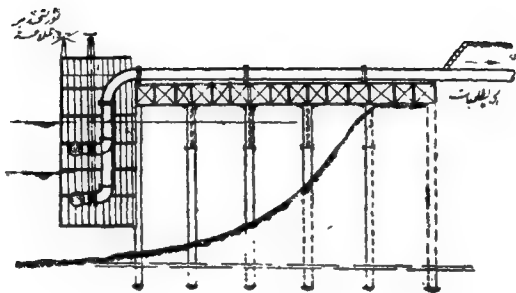
وهو ماسورة تمتد داخل مصدر الماء مسافة كافية بعيداً عن الشاطئ .
ينفذى التلوث المحتمل بجواره على ألا يكون في هذا الامتداد اعاقة للملاحة
وعى أن تحمل الماسورة - داخل مصدر الماء على كوبرى (trestle)
وترود ناخبين اللازمة لفتحكم في سير الماء (شكل رقم ٦ - ١) وهذا النوع
من المأخذ عادة ما يستعمل في الأنهار الكبيرة .

٢ - مأخذ على شواطئ (Shore Intake) :

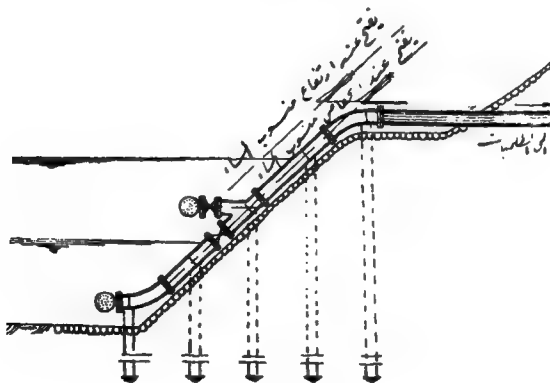
ويتكون من حائط ساند وجناحين على شاطئ المنصر المائي - لوقاية
الماسورة التي تحب المياه (شكل ٦ - ٣) - ويستعمل هذا المأخذ في الترع
الملاحية والغير ملاحية على السواء كما يستعمل في الأنهار الصغيرة إذ أنه
لا يعوق الملاحة .

٣ - مأخذ عميق (Submerged Intake) :

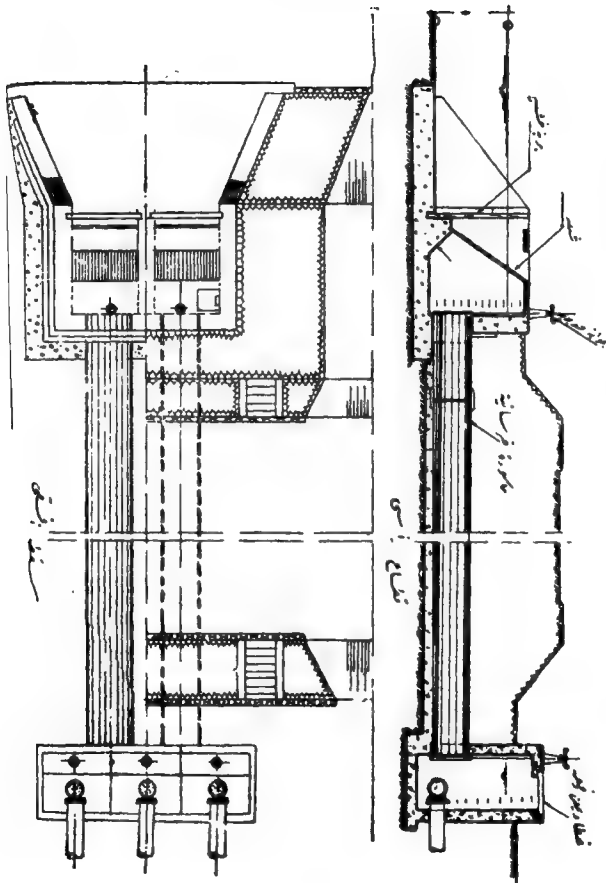
وهو ماسورة مثبتة في قاع الخرى المائي بواسطة كمرات خرسانية أو
خشبية أو في برج صغير ، يستعمل هذا المأخذ في الأنهار الضيقة الملاحية وعند



(شکل رقم ۶ - ۱)



(شکل رقم ۶ - ۱)



(شکل رقم ۹ - ۲)

احتمال تلوث الشواطئ بالمواد الطافية من العوامات والسفن الراسية على الجانبين (شكل ٦-٣) .

٤ - مأخذ برج (Tower Intake) :

وهذا النوع من المأخذ يستعمل في البحيرات العذبة المتغيرة المناسيب - ويتكون من برج يبنى داخل البحيرة على مسافة من الشاطئ قد تصل إلى عدة كيلومترات ، تدخله الماء من فتحات على مناسيب مختلفة ومنها إلى بحارة المأخذ (شكل رقم ٦-٤) .

٥ - مأخذ مؤقت (Emergency Intake) :

وهو يستعمل في حالة الطوارئ أو في المعسكرات المؤقتة التي يستدعي الأمر فيها الاعتماد على المياه السطحية كمصدر للمياه وهو عبارة عن ماسورة مرنة ممتدة على عروق خشبية تطفو على سطح الماء - هذه الماسورة المرنة متصلة بطلبة سحب المياه مباشرة (شكل ٦-٥) .

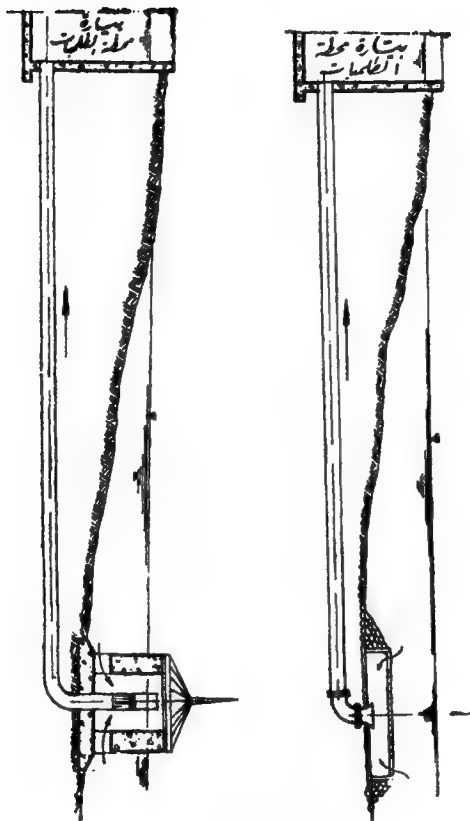
ولما كان مصدر المياه الرئيسي في مصر هو النيل والترع والرياحات فإن أنواع المأخذ المستعملة في مصر هي :

(١) المأخذ الماسورة عند استعمال النهر كمصدر للمياه - وفي هذه الحالة

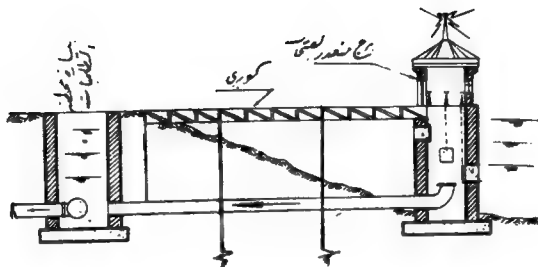
يجب مراعاة الشروط الآتية :

١ - عمل مواسير ذات مداخل مختلفة المناسيب مزودة بالمحابس اللازمة - حتى يمكن سحب المياه من الطبقات العليا للماء في النهر إذ أن في هذه الطبقات يقل تركيز المواد العالقة في الماء - وذلك نظراً لتغير مناسيب مياه النيل على مدار السنة .

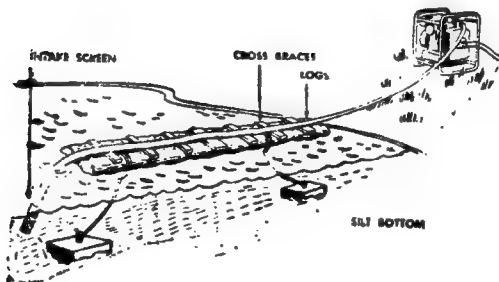
٢ - يحسن أن يكون المأخذ عبارة عن ماسورتين حتى إذا طرأ ما يوقف عمل واحدة قامت الأخرى بإمداد محطة طلبات المياه بالماء اللازم .



(شکل رقم ۶-۳)



(شکل رقم ۴ - ۴)



(شکل رقم ۵ - ۵)

٣ - يزود المآخذ بالمصافي الثابتة أو المتحركة على أن يراعى عمل سلم بجوار المواسير لتزول العمال لعمل أى اصلاحات أو صيانة للمواسير أو المصافي .

٤ - تمتد المواسير محملة على كوبرى أو خوازيق داخل النهر على أن يقام فى نهاية الكوبرى عمود يحمل نور كهربائى لتنبيه السفن والغامحات .

(ب) مآخذ الشاطئ : وذلك عند استعمال الترع كمصدر للمياه - مع مراعاة تزويد المآخذ بشبكة من القضبان الحديدية التى يسهل الوصول إليها وتنظيفها وذلك لمنع المواد الطافية من الدخول إلى ماسورة المآخذ

سحارة المآخذ

Intake Conduit

وهو الماسورة الواصلة من مبنى المآخذ على مصدر المياه حتى بياره طلبات الضغط الواطى وهى قد تكون من الصخر لتصدير ماسورة من الحديد الزهر أو تكبر لتصير نفق من الخرسانة المسلحة ، وبديهي أن هذا يتوقف على التصرف اللازم - الا أنه فى جميع الحالات يجب أن تصمم بسعة كافية لامداد المدينة بالماء لمدة طويلة مستقبلا وبحيث تجرى فيها المياه بسرعة كافية لا يتسبب عنها ترسيب للمواد العالقة فى قاع الماسورة - كما لا تسمى بسرعة تزيد عن تلك التى تسبب تآكلا فى جدران الماسورة كما هو مبين فى جدول (٦ - ١١) .

جداول رقم (٦ - ١)

السرعة القصوى في المواسير من المواد المختلفة

| مادة الماسورة | السرعة القصوى (متر/ثانية) |
|-----------------------------|---------------------------|
| الحرسانة | ٣ - < ٥ |
| الطوب. ! لا : ينج | ٣ - < ٦ |
| الحديد الزهر | ٤ - < ٧ |
| الصلب | ٤ - < ٥ |
| الخشب | ٤ - < ٥ |
| الصخر | ٣ - < ٥ |

والقطاع الدائري هو أنسب القطاعات للسحارة من الناحية الهيدروليكية إلا أن صعوبة تنفيذه في بعض الأوقات قد تؤدي إلى أن يلجأ المصمم إلى قطاعات أخرى مثل قطاع حلوة الفرس (Horse Shoe) أو القطاع المربع أو المستطيل .

وبتحديد سرعة المياه في السحارة يمكن حساب القطاع المطلوب .

كما أنه بتحديد سرعة المياه السحارة وبمعرفة طول السحارة يمكن تقدير الفاقد في الاحتكاك (Friction Loss) نتيجة لسير الماء في السحارة من المأخذ حتى بيارة سحب الطلمبات . وذلك باستعمال القوانين أحد الهيدروليكية التي تبين الفاقد في الضغط بالاحتكاك - وأهم هذه القوانين معادلة دارسي :

$$\frac{f' LV^3}{2 g D} = \frac{4 f LV^3}{2 g D} = H$$

حيث H = الفاقد في عامود الضغط بالمتر

L = طول الماسورة بالمتر

V = سرعة المياه متر/ ثانية

g = عجلة الجاذبية الأرضية

D = قطر السحارة بالمتر

f = معامل الاحتكاك ويتوقف على نوع الماسورة وتراوح قيمته من ٠,٠٢ - ٠,٠٤ تبعاً لنوع الماسورة ونعومة سطحها .

كما يمكن حساب الفاقد في المدخل (Entrance Loss) والمخرج (Exit Loss) ومجموع هذا يمثل الفرق بين منسوب المياه في النهر أو التربة ومنسوب المياه في بئارة طلبات محطة الرفع الواطي .

وسحارات المأخذ أما من الحديد الزهر أو الصلب أو الخرسانة ويتوقف اختيار مادة انشاء السحارة على الأسعار المحلية لكل نوع ، سواء كانت هذه الأسعار للتوريد أو للتركيب أو الانشاء ، وعلى تواجد هذه الأنواع في الأسواق وكذلك على طول مدة خدمتها للمشروع وما تحتاج إليه من صيانة طول هذه المدة .

والمواسير الخرسانية أكثر المواسير استعمالاً لسحارات المأخذ الموصلة من المأخذ على الشاطئ إلى بئارة المياه العكرة التي تسحب منها محطة الضغط الواطي المياه إلى أعمال التنقية - وهي إما مسلحة أو غير مسلحة كما أنها إما مصبوبة خارج الموقع أو مصنعة في الموقع .

واهم مزايا هذه اللواحي

- ١ - تقاوم الضغط الخارجى .
- ٢ - لا تحتاج تكاليف لصيانتها .
- ٣ - لا تتأكل بفعل المياه الجوفية إلا إذا احتوت هذه على أحماض أو قلويات بنسب عالية .
- ٤ - لا تحتاج إلى وصلات تمدد .
- ٥ - لا تحتاج إلى خبرة عالية فى التصنيع والإنشاء فى الموقع . كما أن الزلزل والزلزلة يتوافران فى أماكن كثيرة وبذلك تقل تكاليف النقل نظراً لاختصاره على الحديد والأسمنت .

١١ أن لها العيوب الآتية :

- ١ - يتسرب منها ماء نتيجة التآكل الحرسية وتشتتها .
- ٢ - لا تتحمل الضغط الداخلى العالى .
- ٣ - صعبة الإصلاح إذا احتاج الأمر لذلك .
- ٤ - ثقيلة الوزن مما يفرضنا لتصنيعها بأضواء قصيرة ليسهل نقلها وتقليل احتمالات كسرها .

الطلبات الضغط الواطى

Low Lift Pumps

يفضل أن يختار موقع محطة الطلبات هذه أقرب ما يكون إلى المأخذ على أن يتوفر فيها الشروط الآتية :

- ١ - أن يكون حجم المبنى بالانسياع الكافى ليستوعب عدد الطلبات التى تخدم المدينة فى المستقبل . بالرغم من عدم تركيبها حالياً .
- نظراً لعدم الحاجة إليها مؤقتاً .

- ٢ - أن يكون المنظر الخارجى للمبنى جميلاً من الناحية الفنية والهندسية مما يزيد فى ثقة الجمهور فى عمليات المياه فى مدينته .
- ٣ - أن يكون تخطيط المواسير داخل المبنى وكذلك الكابلات الكهربائية مما يسهل صيانتها وتشغيلها .

ومحطة طلبات الضغط الواطى تقوم برفع المياه من بئر المياه العكرة الملحق بمحطة الطلبات حتى منسوب المياه فى عمليات التنقية - وهذا لا يزيد عادة عن عشرة مترات ولذلك سميت هذه المحطات بمحطات الرفع الواطى لتمييزها عن محطات الرفع العالى التى توجد فى أول شبكة التوزيع وتضغط المياه بحيث يكون الضغط فى شبكة المياه يساوى ٢٥ متر ماء فى أقصى نقطة فى المدينة .

التصرف التصميمى لمحطات الطلبات :

يتوقف التصرف الذى يهضم عليه محطة طلبات الرفع الواطى على العوامل الآتية :

- ١ - عدد السكان الذى يخدمهم المشروع .
- ٢ - متوسط الاستهلاك السنوى (لتر/شخص/يوم) .
- ٣ - التغيرات التى تحدث فى هذا المتوسط .
- ٤ - سعة خزانات المياه المرشحة .
- ٥ - ساعات تشغيل محطة الطلبات . نظراً لأنه فى بعض الأحوال يكتفى بتشغيل المحطة ساعات معينة من النهار بدلا من تشغيلها لمدة ٢٤ ساعة يومياً .

فكلما قلت سعة خزانات المياه المرشحة وجب زيادة التصرف التصميمى لمحطة الطلبات ليقابل التغير فى معدل التصرف - ويبلغ التصرف

التصميمي أقصاه عند عدم وجود خزانات للمياه المرشحة (وهو نادراً ما يحدث) وفي هذه الحالة يكون التصريف التصميمي يساوي أقصى تصرف للمدينة (Peak Demand Load) إلا أنه يفضل غالباً أن يؤخذ التصريف التصميمي لمخطة الطلبات هذه مساوياً للتصريف اليومي أثناء فترة للصيف على أن يؤخذ في الاعتبار إضافة وحدات رفع احتياطية (Standby Units) - وكثيراً ما يصل تصرف هذه الوحدات الإضافية إلى نصف تصرف الوحدات الأساسية - على أن تعمل جميعاً طول السنة بالتناوب .

وفي هذه الحالة تصمم خزانات المياه المرشحة لتقابل التغيرات اليومية وعلى مدار اليوم الواحد (من ساعة إلى ساعة في نفس اليوم).

أنواع الطلبات المستعملة :

تستعمل في محطات الرفع الواطي أما طلبات ماصة كابسة (Displacement Pumps) أو طلبات طاردة مركزية (Centrifugal Pumps) أو الطلبات الماصة الكبسة المزدوجة (Double Displacement Pumps) . وقد سبق الحديث عن هذه الأنواع اجمالاً .

الضغط الذي تعمل الطلبات ضده :

هذا الضغط يساوي الفرق بين منسوب المياه في بئارة المياه العكرة والمياه في أحواض التنقية وهذا نادراً ما يزيد عن ستة أو ثمانية أمتار مضافاً إليه الفاقد بسبب الاحتكاك والأسباب الأخرى أي أن :

$$H = h_s + h_f + h_m$$

حيث H = الضغط الكلي (بالمتر) = Total Head

h_s = فرق المناسيب (بالمتر) = Static Head

Friction Head = الفاقد بالاحتكاك (بالمتر) = h_f

Secondary losses = الفاقد الثانوية (بالمتر) = h_m

وبذلك تكون قوة الطلمبات بالحصان الميكانيكى .

$$P_w = \frac{W H}{75}$$

حيث P_w = قوة الطلمبات بالحصان الميكانيكى .

W = كتلة الماء المرفوع فى الثانية (كيلوجرام)

H = الضغط الكلى بالمتر .

موقع الطلمبات بالنسبة لمنسوب المياه فى البئارة :

من المستحسن دائماً أن تكون الطلمبات فى منسوب أوطى من منسوب المياه فى البئارة لتفادى حملوث ضغط أقل من الضغط الجوى فى ماسورة السحب إذ أن هذا الضغط الواطى قد يسبب تمرب الهواء داخل الماسورة ، أو تصاعد الغازات الذائبة فى المياه منه - مما يؤدى إلى تواجد فقائيع من الهواء قد تتجمع فى الماسورة مسببة اضطراباً فى سير الطلمبات ونقصاً فى تصرفها .

الأن هناك بعض الأحوال التى يتعنر فيها وضع الطلمبات فى منسوب أوطى من منسوب المياه فى البئارة - وفى هذه الحالة يجب مراعاة الآتى :

١ - أن تكون ماسورة السحب مستقيمة ما أمكن .

٢ - ألا تخترى ماسورة السحب على منحنيات رأسية لاحتمال تجمع الغازات المتسربة إلى الماسورة فى هذه المنحنيات .

٣ - ألا تتجه ماسورة السحب إلى أسفل كما يجب ألا توضع أفقية بل توضع بحيث تكون حركة الماء إلى أعلى من البيارة إلى الطلمبة .

٤ - ألا يزيد ارتفاع منسوب الطلمبة عن منسوب المياه في البيارة عن قيمة « H_s » كما هي في المعادلة الآتية :

$$H = H_s - (H_v + V_h + H_f + H_m)$$

حيث H_s = الفرق بين منسوب الطلمبة ومنسوب المياه (عمود الرفع)

H_s = عمود الضغط الجوى بالمتر (١٠.٣٣ متر) .

H_v = عمود ضغط بخار الماء بالمتر (vapour press) .

V_h = عمود ضغط سرعة المياه في ماسورة السحب .

مقدار أ بالمتر (Velocity head) .

H_f = الفاقد بالاحتكاك بالمتر (friction head) في ماسورة السحب

H_m = الفاقد الثانوي بالمتر (Secondary losses) في ماسورة السحب

ولهذا فإنه من الواجب ألا يزيد عمود الرفع « H_s » عن ثمانية مترات بل يفضل ألا تزيد عن ستة مترات .

القوى المحركة للطلميات :

هناك أكثر من قوة يمكن استخدامها لتحريك الطلمبات .

١ - ماكينات البخار .

٢ - التوربينات البخارية .

٣ - ماكينات الديزل .

٤ - المحركات الكهربائية .

وأكثر هذه القوى استعمالاً في الوقت الحاضر هو المحركات الكهربائية إلا أنه يفضل دائماً أن يكون هناك أكثر من مصدر للكهرباء لإدارة هذه المحركات حتى إذا ما انقطع التيار الكهربائي من مصدر أمكن الاعتماد على المصدر الثاني لإدارة المحركات .

بل أنه زيادة في الاحتياط - وفي بعض عمليات المياه الكبرى - تنشأ وحدة إدارة الديزل كوحدة محرك احتياطية تعمل عند انقطاع التيار - كل هذا حتى نتأكد من استمرار تشغيل محطة تنقية المياه دون توقف مهما حدث من أعطال .

على أنه يمكن حساب النفوسه الحركة بالحضان الميكانيكي بالمعاداة الآتية :

$$M. H. P. = \frac{Q \times H}{75 \times E_1 \times E_2}$$

حيث Q = التصرف بالتر في الثانية .

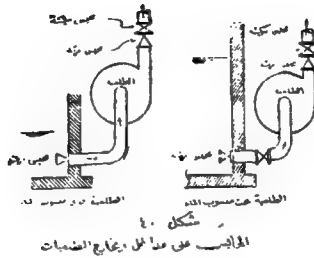
H = عامود الرفع الكلى (رفع + الفاقد في احتكاك والانحناء والمدخل والمخرج) .

$$E_1 = \text{درجة جودة الطلمبة} = 70\% - 80\%$$

$$E_2 = \text{درجة جودة المحرك} = 80\% - 90\%$$

المحابس على مداخل ومخارج الطلمبات :

للتحكم في تشغيل الطلمبات يجب أن تزود كل طلمبة بالمحابس الآتية (شكل رقم ٦-٦) . -



(شكل رقم ٦ - ٦)

١ - صمام (foot valve) ويوضع في مدخل ماسورة السحب والغرض منه حجز المياه في ماسورة السحب والطلبة عا توقف الطلبة عن العمل - وبذلك لا تحتاج إلى تحضير عند بدء تشغيلها مرة ثانية .

٢ - صمام حجز (Sluice valve) عند مدخل الطلبة والغرض منه التحكم في سير المياه وقفل الماء عن الطلبة إذا لزم الأمر إصلاحها.

٣ - صمام مرتد (Non-return valve) : ويوضع على مخرج الطلبة مباشرة والغرض منه منع سير المياه في اتجاه عكسي عند توقف الطلبة عن العمل فجأة نتيجة لتوقف التيار الكهربائي أو خلل المحرك .

٤ - صمام حجز ويوضع بعد الصمام المرتد . الغرض منه التحكم في سير المياه وقفل الماء عن الطلبة لإصلاحها إذا احتاج الأمر - أو إصلاح الصمام المرتد .

ومن ذلك يتضح أنه إذا أريد اصلاح أى من الطلمبة أو انصمام المرتد
فقل محببى الحجز المذكورين أعلاه وبذلك لا تصل المياه إلى الطلمبة عن
أى طريق .

أجهزة القياس في محطة الطلمبات :

يجب أن يركب على كل طلمبة الأجهزة الآتية لقراءة الضغط والتصرف
المار في كل طلمبة .

١ - جهاز قياس ضغط السحب (Suction gauge) .

٢ - جهاز قياس التصرف (flow meter) .

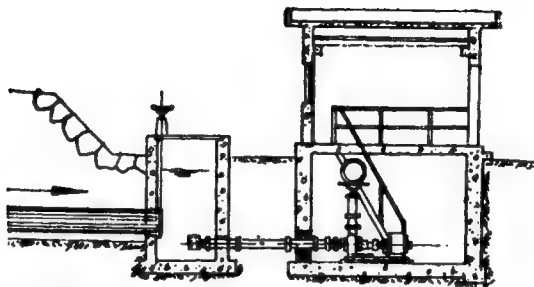
٣ - جهاز قياس ضغط الطرد (Pressure gauge) .

كما يجب أن يوجد بالإضافة إلى ذلك . جهاز لتسجيل ضغط الطرد
والتصرف الكلى لمحطة الطلمبات . هذا الجهاز يسجل على ورق بياني يستبدل
يومية وجميع هذه البيانات تحفظ للرجوع إليها عند الرغبة في ذلك .

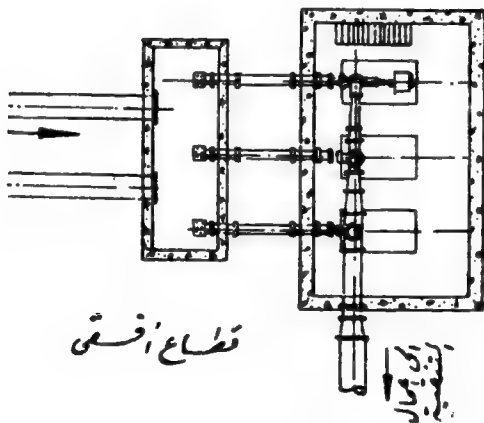
ويبين الشكل رقم ٦ - ٧ مسقط أفقى وقطاع لمحطة طلمبات الضغط
الواطى .

الطريقة التقريبية لتصميم الطلمبات الطاردة المركزية :

عند الدراسة لمحطة الطلمبات فإنه يلزم معرفة كل من قطر المروحة .
قطر ماسورة الطرد . سرعة دوران المروحة . ويمكن حساب ذلك تقريباً
على وجه السرعة بالمعادلة الآتية :



قَطِيعَ رَاسِي



قَطِيعَ افقي

آب
باز
آوردن

$$(١) \quad V = 8.8 \sqrt{H + K}$$

$$(٢) \quad N = \frac{230 V}{D} = 230 \frac{8.8 \sqrt{H + K}}{D}$$

$$(٣) \quad D = \frac{\sqrt{Q}}{4}$$

$$(٤) \quad D = 1.5 \rightarrow 5 d \text{ (generally } 4 d \text{)}$$

$$(٥) \quad W. H. P. = 10 Q H$$

حيث : V = سرعة أطراف المروحة بالقدم/ ثانية .

H = عاود الضغط الكلى للمياه بالقدم (الاحتكاك + الرفع + الفاقد في الانحناءات والمداخل والمخرج) .

N = عدد لفات المروحة في الدقيقة .

D = قطر مروحة الطلمبة بالبوصة .

d = قطر ماسورة الطرد بالبوصة .

Q = التصريف بالجالون في الدقيقة .

K = معامل ثابت يتراوح ما بين ٥ ، ١٠ يؤخذ في المتوسط
يساوى ٧ .

مثال : المطلوب إيجاد حجم الطلمبة اللازمة لرفع ٢٥٠٠ جالون في الدقيقة
لضغط كلى ٣٥ قدم .

$$\begin{aligned}V &= 8.8 \sqrt{H} + K \\&= 8.8 \sqrt{36} + 7 = 68 \text{ ft/sec}\end{aligned}$$

$$d = \frac{Q}{4} = \frac{2500}{4} = 12.5'$$

$$D = 4 d = 4 \times 12.5 = 50'$$

$$N = \frac{230V}{D} = \frac{230 \times 60}{50} = 276 \text{ R.P.M.}$$

الباب السابع

الترسيب الطبيعي

Plain Sedimentation

الغرض من الترسيب الطبيعي (Plain Sedimentation) هو إزالة أكبر كمية من المواد الصلبة العالقة في الماء في أحواض خاصة تمر فيها المياه في فترة معينة وتحت ظروف تساعد على هبوط المواد العالقة إلى قاع هذه الأحواض وذلك دون الاستعانة بأى مساعدات كيميائية - وتسمى هذه الأحواض بأحواض الترسيب الطبيعي (Plain settling or sedimentation tank)

والترسيب الطبيعي يمكن أن يتم بأحد الطرق الآتية :

(أ) ملء وتفريغ الحوض كل فترة معينة (Fill and draw) وفي هذه

الطريقة يملأ الحوض ثم تحجز فيه المياه ساكنة لمدة تتراوح من ستة إلى أربعة وعشرين ساعة أو أكثر - مما يؤدي إلى ترسيب نسبة عالية من المواد العالقة إلى القاع - وفي نهاية المدة يفرغ الحوض من الماء .

وهذه الطريقة (Fill and draw) لا تستعمل حالياً لما فيها من مضحية للوقت أثناء عملية ملء وتفريغ الحوض ولصعوبة تشغيلها وزيادة تكاليفها الانشائية نظراً لاحتياجها إلى عدد كبير من الأحواض .

(ب) أحواض مستمرة التشغيل (Continuous flow tank) وفي هذه الطريقة

يمر الماء في حوض (مستطيل أو مربع أو دائري) باستمرار . بسرعة صغيرة جداً مما يسمح للمواد العالقة بالرسوب إلى قاع الحوض قبل أن تصل إلى المخرج - وهي تتنازع عن سابقتها بأنها غير مضحية للوقت وتشغيلها مستمر ولا تحتاج لعامل ماهر للإشراف عليها أثناء التشغيل .

ولا تعتبر عملية الترسيب كافية لتنقية المياه إذ أنها حلقة من سلسلة متكاملة من العمليات والغرض من هذه العملية هو تخفيف الحمل على ما يتبعها من عمليات الترشيح والتنعيم بإزالة المواد العالقة الكبيرة نسبياً والتي قد تسبب سرعة انسداد المرشحات وما يتبع ذلك من توقف تشغيلها .

العوامل المؤثرة على كفاءة الترسيب :

١ - كثافة المياه :

وهذه تقل بارتفاع درجة حرارة المياه ، وكلما قلت كثافة الماء زادت سرعة كفاءة الترسيب .

٢ - لزوجة الماء (Viscosity) :

وهي تقل بارتفاع درجة الحرارة وكلما قلت لزوجة الماء زادت سرعة وجوده الترسيب وللسببين السابقين يلاحظ أن كفاءة الترسيب في أشهر الصيف أكبر منها في أشهر الشتاء .

٣ - كثافة المواد العالقة :

ومن الواضح أنه كلما زادت كثافة الحبيبات الصلبة زادت سرعة هبوط هذه الحبيبات ومن ثم زادت كفاءة الترسيب .

٤ - شكل المواد العالقة :

فكلما اقترب شكل الحبيبات العالقة من الشكل الكروي كان ترسيبها أسرع وأكثر .

٥ - حجم المواد العالقة :

كلما كبر حجم الحبيبات زادت كفاءة الترسيب .

٦ - تركيز المواد العالقة :

هذا التركيز ربما كان سبباً في ازدياد كفاءة الترسيب نظراً لاحتمال تصادم الحبيبات العالقة ببعضها مما يسبب التحامها في حبيبات أكبر ومن ثم تكون أسهل في الترسيب .

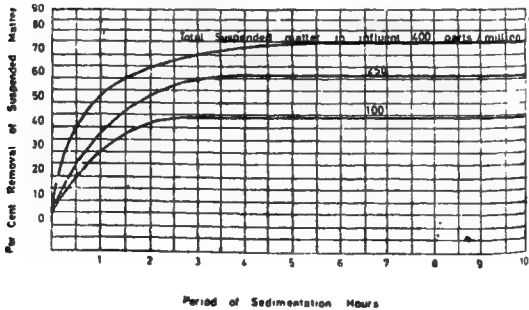
إلا أنه من المحتمل أن يكون التصادم موقفاً لعملية الترسيب إذا
نتج عنه تناثر للجسيمات بدلاً من التحامها .

٧ - سرعة جريان الماء في الخوض :

كلما قلت سرعة الماء في الخوض زادت كفاءة الترسيب . ويفضل
ألا تتجاوز هذه السرعة ثلاثين سنتيمتراً في الدقيقة (٣٠ سم / الدقيقة)
أو من عشرين إلى أربعين ضعفاً لسرعة هبوط الجسيمات العالقة المراد
ترسيبها .

٨ - مدة بقاء الماء في الخوض (Detention period) :

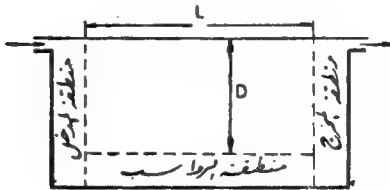
فكلما زادت هذه المدة . زادت جودة الترسيب إلا أنه من الناحية
الاقتصادية نادراً ما يزيد هذا الوقت في الترسيب الطبيعي عن ثلاثة
أو أربعة ساعات . وذلك نظراً لازدياد الطفيفة في جودة الترسيب
الناتجة من مضاعفة الوقت .



(شكل رقم ٧ - ١)

والشكل رقم (٧ - ١) يبين مثلاً أن جودة الترسيب (أى النسبة المئوية للرواسب التى رسبت إلى الاسود العالقة الموجودة أصلاً فى المياه) بعد ساعتين هو ٦٥ ٪ . فإذا ضاعفنا مدة بقاء الماء فى الخوض إلى أربعة ساعات نجد أن جودة الترسيب ارتفعت إلى ٧٢ ٪ - أى بزيادة طفيفة حوالى ٧ ٪ لا تبرر مضاعفة تكاليف انشاء وتشغيل أحواض الترسيب.

٩ - المساحة السطحية للخوض ونسبة الطول إلى العرض :



شكل رقم (٧ - ٢)

بالإشارة إلى (شكل ٧ - ٢) افترض هيزن Hazen تقسيم الخوض المثالى للترسيب (Ideal tank) إلى أربعة مناطق : منطقة المدخل حيث يتم توجيه المياه لتسير بانتظام بكامل قطاع الخوض . منطقة الترسيب حيث تسير المياه بسرعة صغيرة كافية لترسيب المواد العالقة . منطقة المخرج حيث يتم توجيه المياه لتخرج من هذار المخرج . ومنطقة الرواسب حيث يتم تجميع الرواسب .

فإذا كان: L = طول منطقة الترسيب

B = عرض منطقة الترسيب

D = عمق منطقة الترسيب

T = الزمن اللازم لترسيب حبيبة عالقة من سطح الحوض حتى منطقة الرواسب .

V = سرعة هبوط الحبيبات العالقة

A = مدة بقاء الماء في الحوض .

Q = التصريف الداخلى في الحوض

∴ سعة الحوض $= C = Q \times A$

$$\frac{B L D}{Q} = \frac{C}{Q} = A \quad \therefore$$

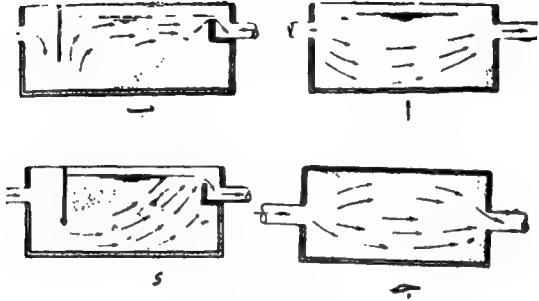
$$\frac{D}{V} = T \quad \therefore$$

$$\frac{A}{T} = \text{كفاءة عملية الترسيب} = E \quad \therefore$$

$$\frac{B L V}{Q} = \frac{D}{V} \div \frac{B L D}{Q}$$

أى أن كفاءة حوض الترسيب المثالى تتوقف على المساحة السطحية .
سرعة هبوط المواد العالقة والتصريف الداخلى في الحوض .

على أنه يلاحظ عمايا أن النسبة بين طول وعرض الحوض لها تأثير على كفاءة الترسيب في الحوض نظراً لاحتمال عدم انتظام دخول المياه إلى الحوض وخروجه منه ١٤ يؤدي إلى حدوث تيارات ثانوية أو مناطق مشلولة (lead zones) في الأحواض العريضة نسبياً ١٤ يقال من جودة الترسيب (شكل رقم ٧ ٣) .



(شكل رقم ٧ - ٣)

١٠ - التيارات الثانوية (Turbulence & Eddies) :

وهذه تنتج من التغير في درجات حرارة الماء أثناء تواجده في الخوض مدة طويلة وما يستتبع ذلك من تيارات حمل حرارية Convection currents كذلك تنتج هذه التيارات الثانوية بفعل الرياح في الأحواض الكبيرة نسبياً وعند مداخل ومخارج الأحواض - هذه التيارات الثانوية تقلل من كفاءة الترسيب .

١١ - اختصار المياه لمسارها (Stratification & Short circuiting)

وهذا يحدث عندما تكون درجة حرارة المياه عند دخولها إلى الخوض أعلى من درجة حرارتها وبذلك تكون أقل كثافة من الماء الموجود فعلا في الخوض ، عندئذ تطفو المياه الداخلة على المياه الموجودة في الخوض - بدلا من أن تمتزج بها - مما يسبب سرعة جريانها في الخوض وبالتعبئة نقصاً في مدة بقائها في الخوض ومن ثم انخفاضاً في كفاءة الترسيب (شكل رقم ٧-٣). ب.

لهذا يجب تشكيل مدخل الحوض بحيث يؤدي إلى امتزاج المياه الداخلة بالمياه الموجودة في الحوض دون إثارة للرواسب التي تتواجد في قاع الحوض

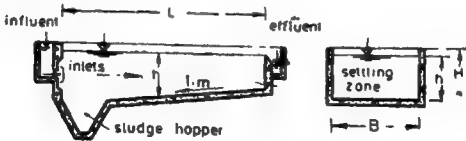
١٢ - طريقة تنظيف الحوض من الرواسب :

يجب اتباع طرق تنظيف لا تسبب عطلا في تشغيل الحوض أو تسبب إثارة للرواسب في القاع عند ازالتها - مما يجعلها تعود إلى الماء كمواد عالقة لم ترسب بعد ، كما أن في طول الفترات بين عمليات التنظيف ما قد يسبب تولد بعض الغازات في الرواسب نتيجة بعض التحلات الكيميائية أو العضوية هذه الغازات عند تصاعدها تحمل معها بعض الرواسب من القاع مما يؤثر على كفاءة الترسيب .

الواع أحواض الترسيب

- ١ - تنقسم أحواض الترسيب إلى ثلاثة أنواع رئيسية بالنسبة لاتجاه سير الماء في الحوض وبالنسبة لمسقطها الأفقى :
- أ - أحواض الترسيب المستطيلة ذات التصريف الأفقى (شكل رقم ٧ - ٤) :

Rectangular Horizontal flow tanks



(شكل رقم ٧ - ٤)

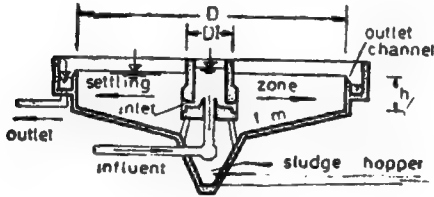
وهذه الأحواض تعتبر من أحسن الأحواض للترسيب الطبيعي وفيها توجد المياه بحيث تسير في الحوض أفقياً بسرعة لاتصل إلى الحد الذي يعوق عملية الترسيب على أن تكون هذه السرعة منتظمة في الحوض .

وهذه الأحواض أما مستطيلة أو مربعة أحياناً في المسقط الأفقى ومى الأكثر استعمالاً فى عمليات الترسيب الطبيعى .

ب - أحواض الترسيب الدائرية ذات التصريف القطرى :

Radial flow circular tanks

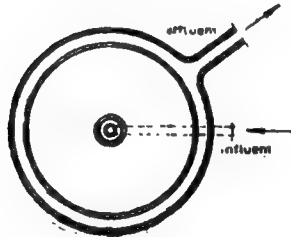
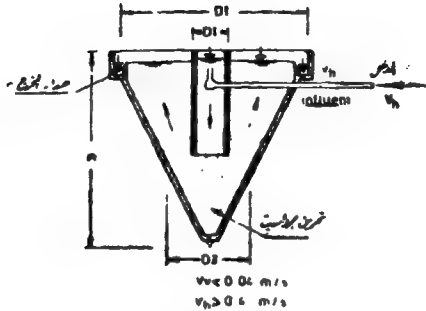
وفى هذه الأحواض تدخل المياه فى ماسورة حتى محور الحوض لتنتهى فى بئر (inlet well) تخرج منه الماء لتسير فى اتجاه قطرى حتى هدار المخرج الممتد على طول محيط الحوض (شكل رقم ٧ - ٥) .



(شكل رقم ٧ - ٥)

ج - أحواض الترسيب ذات التصريف الرأسى :

وهذه الأحواض عميقة نسبياً توجه المياه فيها بحيث يكون اتجاهها رأسياً من أسفل إلى أعلى وبسرعة لا تسمح للمياه أن تحمل معها فى صعودها جسيمات المواد العالقة - وهذه الأحواض إما دائرية أو مربعة المسقط الأفقى - وتخرج منها المياه على هدار المخرج الممتد على طول محيط الحوض إذا كان دائرياً أو على هدارات عرصية فى الأحواض المربعة - (شكل رقم ٧ - ٦) .

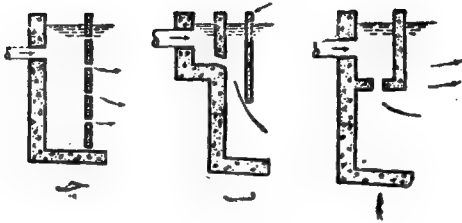


شكل رقم ٦-٧

والأحواض ذات التصريف القطري أو ذات التصريف الرأسي لا تستعمل كثيراً في أحواض الترسيب الطبيعي بعمليات تنقية المياه .

Inlet & Outlet arrangements **مداخل ومخارج أحواض الترسيب**

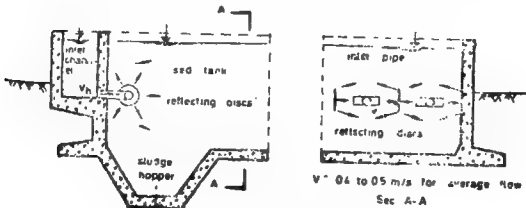
من أهم العوامل المؤثرة على كفاءة الترسيب مدى انتظام دخول وخروج الماء من الخوض وما قد يتولد في منطقى المدخل والمخرج من دوامات وتيارات ثانوية تحد من ترسيب المواد العالقة .



شكل رقم ٧-٧

كما أن عدم انتظام توزيع المياه في المدخل وتجميعها في المخرج بكامل قطاع الحوض قد يسبب تولد مناطق مشلولة (Dead zones) (شكل رقم ٧-٣) في أنحاء الحوض مما يحد من المدة الفعالة للحوض ومن ثم يحد من مدة مكث الماء في الحوض وبالتالي يقلل من كفاءة الترسيب - لذلك كان من الواجب مراعاة تصميم كل من المدخل والمخرج - بحيث تضمن انتظام توزيع المياه وتجميعها وعدم تواجد المناطق المشلولة .

ولضمان انتظام توزيع المياه في مدخل الحوض يراعى أن يكون دخول الماء بكامل عرض الحوض من أكثر من فتحة وزيادة في ضمان انتظام التوزيع

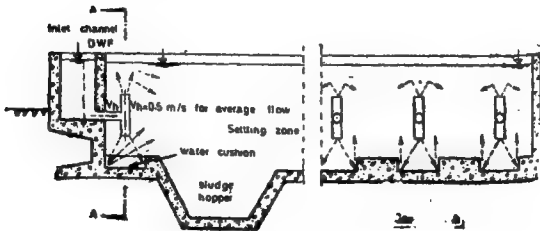


شكل رقم ٨-٧

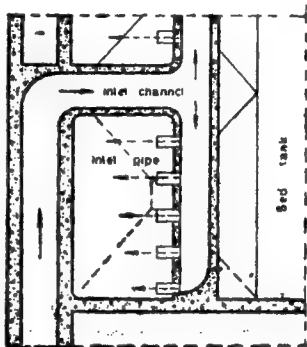
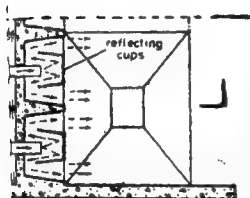
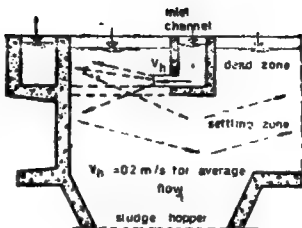
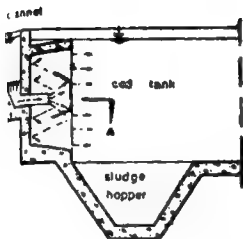
يزود المدخل بمحاط حائل (baffle) كما يجوز أن يمتد هذا الحائط الحائل إلى قاع الحوض على أن تعمل به فتحات تمر منها الماء كما يجوز أن يزود المدخل بمحاطين من هذا النوع والغرض من هذا، كما ذكر قبلاً هو توزيع المياه بانتظام بكامل قطاع الحوض لمنع تولد التيارات الثانوية أو تواجد المناطق المشاولة . وهناك أنواع من المداخل المستحدثة توجه المياه فيها إلى حائط حائل أو قاع الحوض فتنعكس على هذا الحائط متجهة إلى الخلف ومن ثم تنعكس ثانياً على جدار المدخل - هذا الانعكاس المتكرر يتسبب في تكسير طاقة اندفاع المياه كما يسبب توزيع المياه بانتظام على قطاع الحوض بالكامل (أشكال رقم ٧-٧ - ٧-١٢ ،)

كما أن لاختلاف درجة حرارة المياه الداخلة إلى الحوض عن درجة الحرارة الموجودة بالحوض أثر كبير على تولد التيارات الثانوية وتواجد المناطق المشاولة .

فاذا كان الماء الداخل أعلى حرارة من الماء الموجود في الحوض كان سير الماء كما هو مبين في (شكل ٧-٣) ، خلفاً لمنطقة مشاولة عند الخرج - أما

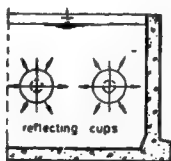
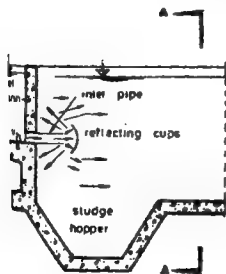


شكل رقم ٧-٩



شکل رقم ۷-۱

(شکل رقم ۷-۱۰)



$v_h = 0.15 \text{ to } 0.3 \text{ m/s}$ for average flow

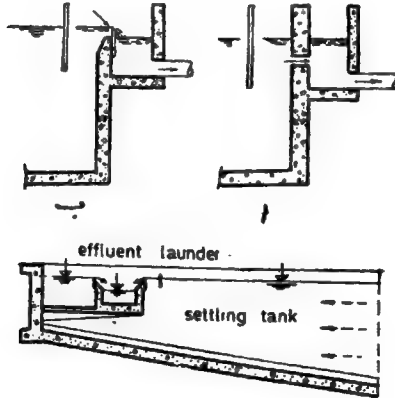
Sec. A-A

شکل رقم ۷-۱۲

إذا كان الماء الداخلى أقل حرارة من الماء الموجود كان سير الماء كما هو مبين فى (شكل رقم ٧-٣) . مخلفاً منطقة مشلولة عند المدخل .

أما مخرج الخوض فهو عادة عبارة عن هدار تمر فوقه المياه بمعدل يتراوح بين ٢٥ ، ١٠٠ متر مكعب للمتر الطولى فى الساعة وحتى يمكن تفادى وجود مناطق مشلولة بالقرب من الهدار فإنه يلبغ أحياناً إلى انشاء حائط حائل أمام هذا الهدار ، تمر المياه من تحت هذا الحائط الحائل إلى أعلى متجه إلى هدار المخرج (شكل رقم ٧-١٣) .

وهناك فائدة أخرى لمثل هذا الحائط الحائل - هى حجز المواد التى قد تجد طريقها إلى سطح الماء فتطفو عليه - مثل ورق الأشجار المتساقط فتمنع وصول هذه المواد الطافية إلى المرشحات .



شكل رقم ٧-١٣

طرق تجميع الرواسب وتفريغها من الخوض :

من اليدى أنه يجب إزالة الرواسب المتجمعة فى قاع الخوض وهذا يتم بأحد الطرق الآتية :

١ - الطرق اليدوية : (Manual cleaning) (شكل رقم ٧ - ١٤) :



شكل رقم ٧ - ١٤

وفى هذه الطريقة تزال الرواسب على فترات متقطعة ، حيث يفرغ الخوض مما فيه من المياه أولاً ، ثم يزال ما فيه من رواسب بالطلعات أو بكسحها يدوياً أو بقوة دفع المياه من خراطيم تساط على الرواسب فتدفعها إلى مخارج فى قاع الخوض .

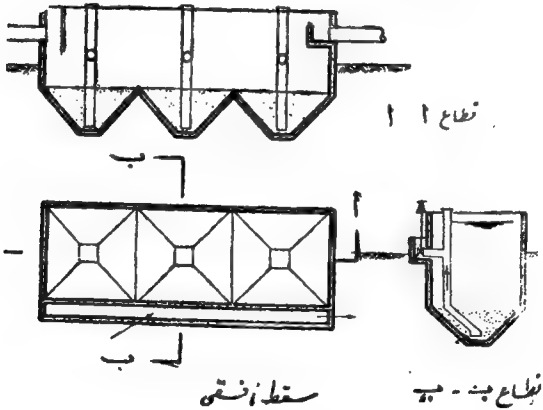
ويحسن فى مثل هذه الطريقة أن يكون قاع الخوض مائلاً فى اتجاه هذه المخارج مما يسهل عملية التنظيف - وهذا الميل يتراوح من ١ : ٨ إلى ١ : ١٢ على أنه يجب مراعاة اضافة حجم الرواسب المتجمعة ما بين عمليتي تنظيف للخوض إلى الحجم التصميمي للخوض . هذا الحجم الاضافي يتوقف على نسبة المواد العالقة وكذلك على الفترة ما بين عمليتي تنظيف وهذه تتراوح ما بين شهرين وأربعة أشهر .

ومن عيوب هذه الطريقة :

- ١ - تعطيل الأحواض عن العمل أثناء عملية التنظيف .
- ٢ - الاحتياج إلى أحواض احتياطية تحل محل الأحواض الجارية تنظيفها
- ٣ - الاضطرار إلى زيادة حجم كل حوض بالسعة الكافية لتخزين الرواسب في الفترة ما بين عمليتي التنظيف .

كل هذا يؤدي إلى رفع التكاليف الانشائية للأحواض - وهذه الطريقة لا تستعمل حالياً في المشروعات الكبرى للمياه .

ب - الطريقة الهيدروليكية (Hydraulic Cleaning) (شكل رقم ٧-١٥):

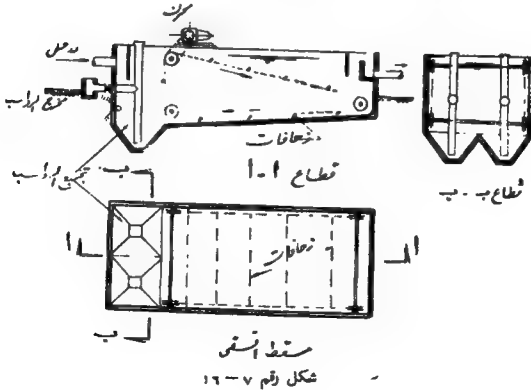


شكل ٧-١٥

وفي هذه الطريقة يعتمد على ضغط الماء الموجود في الخوض فوق الرواسب لدفعها من مخرج خاصة في قاع الخوض - ولتسهيل هذه العملية يبنى قاع الخوض على شكل أهرام مقلوبة وتخرج من رأس كل هرم ماسورة مركب عليها محبس - وعند فتح المحبس يتسبب ضغط الماء فوق المخرج في خروج الرواسب - ويظل المحبس مفتوحاً مدة كافية لخروج الرواسب من الأهرام المقلوبة ثم يقفل عند بدء خروج المياه من المحبس ، ويمكن معرفة ذلك بملاحظة مخرج الماسورة في مجرى الرواسب .

ج - الطريقة الميكانيكية (Mechanical Cleaning) (شكل رقم ٧-١٦) :

ويتم التنظيف بهذه الطريقة بتحريك زحافات (Scrappers or squeegees) على قاع الخوض ، تدفع أمامها الرواسب إلى هرم مقلوب (أو أكثر) عند مدخل الخوض - وتخرج من رأس الهرم ماسورة مركب عليها محبس وعند امتلاء الهرم بالرواسب يفتح المحبس لتخرج الرواسب تحت ضغط الماء إلى خارج الخوض كما هو الحال في التنظيف الهيدروليكي .



شكل رقم ٧-١٦

ملحوظة :

حجم الهرم الناقص = ح

$$ح = \frac{ع}{٣} (س١ + س٢ + \sqrt{(س١ س٢)})$$

حيث ع = المسافة الرأسية بين القاعدتين

س١ = مساحة القاعدة العليا

س٢ = مساحة القاعدة السفلى

ومن مزايا هذه الطريقة أنها لا يحتاج فيها إلى عمق إضافي للحوض لتخزين الرواسب ، كما أنه يمكن تشغيل الزحافات أما بصفة مستمرة أو على فترات متقطعة ، إلا أن سرعة سير الزحافات يجب ألا تصل إلى السرعة التي تثير مما يقلل من كفاءة الترسيب - وهذه السرعة يجب ألا تتجاوز خمسة مترات في الدقيقة.

مثال :

أوجد حيز تخزين الرواسب في حوض ترسيب طبيعي تصرفه اليومى ٤٠٠٠ متر مكعب إذا كانت المياه تحتوى على ٢٥٠ جزء في المليون مواد عالقة وكانت كفاءة الترسيب ٦٠ ٪ وأن التنظيف يتم :

(أ) مرة في اليوم ٢٤ ساعة .

(ب) مرة كل ثمانية ساعات (ووردية عمل)

(ج) مرة كل عشرة أيام .

الحاصل :

التصريف = ٤٠٠٠ متر مكعب = ٤٠٠٠ طن ماء

المواد العالقة = ٢٥٠ جزء في المليون

المواد الراسبة = ٠,٦٠ × ٢٥٠ = ١٥٠ جزء في المليون

$$٤٠٠٠ \times ١٥٠$$

$$= \frac{600,000}{1,000,000} = ٠,٦٠ \text{ طن} = ٦٠٠ \text{ كيلوجرام}$$

بفرض أن نسبة المواد الصلبة ٥ % والماء ٩٥ %

∴ الوزن الكلي للرواسب = ١٢٠٠٠ كيلوجرام = ١٢,٠ طن

∴ الحجم في اليسوم = ١٢,٠ متر مكعب

∴ الحجم في ثمانية ساعات = ٤,٠ متر مكعب

∴ الحجم في عشرة أيام = ١٢٠ متر مكعب

وفي هذه الحالة يجب زيادة عمق الحوض لتخزين هذه الرواسب ، أما في حالة التنظيف مرة كل يوم أو كل ثمانية ساعات فلا حاجة لذلك .

أسس تصميم وإنشاء أحواض الترسيب

هناك أكثر من قانون هيدروليكي يربط ما بين المتغيرات المختلفة المؤثرة على سرعة هبوط المواد العالقة في الماء — كما أن هناك أكثر من قاعدة اقتراحية (Imperial rule) الغرض منها تبسيط هذه القوانين وكذلك وضع أسس عملية لتصميم أحواض الترسيب خاصة وأن الأحوال المثالية التي يتوافر فيها سكون الماء وتام كروية حبيبات المواد العالقة وكذلك عدم تعارض واصطدام الحبيبات العالقة مع بعضها أثناء الرسوب إلى القاع ، لا تتواجد في أحواض الترسيب العادية .

القوانين الهيدروليكية :

إذا تتبعنا حركة الحبيبات الصلبة العالقة أثناء هبوطها في الماء ، أوجدنا أنها تتحرك بسرعة متزايدة بفعل الجاذبية الأرضية حتى تتساوى قوة الجاذبية إلى أسفل مع مقاومة السائل .لمحركة الحبيبات (قوة الاحتكاك) - وعندئذ تثبت السرعة النسبية بين الجسم والسائل. والقوانين الآتية توضح العلاقة بين المؤثرات المختلفة التي تحدد سرعة ترسيب المواد العالقة في الماء :

(١) القوة المسببة لهبوط الحبيبات في الماء = وزن الحبيبات في الماء

$$F_1 = (D_s - D_e) g V$$

حيث : F_1 = القوة المحركة للحبيبات إلى أسفل

$$D_s = \text{كثافة الحبيبات}$$

$$D_e = \text{كثافة الماء}$$

$$g = \text{الجاذبية الأرضية}$$

$$V = \text{حجم الحبيبات}$$

(٢) القوة المقاومة لهبوط الحبيبات في الماء

$$F_2 = C_d A \frac{1}{2} D_e S^2$$

حيث : F_2 = القوة المقاومة لهبوط الحبيبات إلى أسفل

$$C_d = \text{معامل الاحتكاك بين الحبيبات والماء .}$$

$$S = \text{سرعة هبوط الحبيبات في الماء .}$$

$$A = \text{مساحة مقطع الحبيبات (عمودياً على اتجاه الحركة)}$$

$$D_e = \text{كثافة الماء}$$

وبمساواة المعادلتين ينتج أن :-

$$S = \sqrt{\frac{2}{C_d} \left(\frac{D_s - D_c}{D_c} \right) \frac{g V}{A}}$$

فإذا فرض أن الحبيبات كروية الشكل فإن الحجم $V = \frac{\pi d^3}{6}$

والمساحة $A = \frac{\pi d^2}{4}$ حيث d = قطر الحبيبات

وبذلك يمكن وضع المعادلة (٣) بالشكل الآتي للحبيبات الكروية

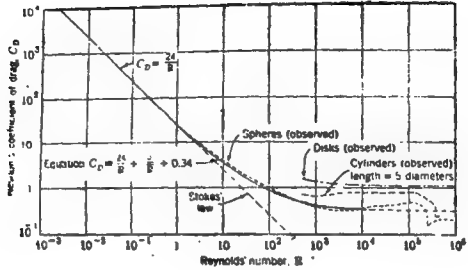
$$S = \sqrt{\frac{4}{3 C_d} \left(\frac{D_s - D_c}{D_c} \right) g d} \quad (4)$$

وقد افترض نيوتن (Newton) أن معامل الاحتكاك C_d ثابتاً إلا أنه يتوقف على عدد رينولد (Reynold's number) كما في المعادلة :-

$$R = \frac{S d}{u} \quad (5)$$

حيث u = معامل لزوجة الماء (Viscosity)

وبين الشكل رقم (٧ - ١٧) العلاقة بين عدد رينولد (R) ومعامل الاحتكاك C_d - وفي هذا الشكل يمكن تمييز ثلاثة مراحل لهذه العلاقة :



شكل ٧ - ١٧

١ - المرحلة الأولى عندما يكون R أقل من واحد ($R < 1$) وفي هذه الحالة تكون مقاومة الاحتكاك ناتجة عن لزوجة الماء فقط وتكون السرعة النسبية بين الحبيبات والماء خاضعة لقوانين الحركة البطيئة الانسيابية (Laminar flow) كما أن قيمة C_d تحدد بالمعادلة الآتية :

(٦)

$$C_d = \frac{24}{R} = \frac{24}{\frac{S_d}{u}} = \frac{24 u}{S_d}$$

وبالتعويض بقيمة $C_d = \frac{24 u}{S_d}$ في المعادلة العامة (٤) نحصل على المعادلة الآتية التي تعطي سرعة الترسيب في هذه الحالة :

(٧)

$$S = \sqrt{\frac{4 S_d}{3 \times 24 u} \frac{D_s - D_c}{D_c}} g d$$

$$\dots S = \frac{1}{18} \frac{d^3}{u} g \frac{D_s - D_c}{D_c}$$

وهي ما تسمى بمعادلة ستوك (Stokes law) وتستعمل للحصول على سرعة ترسيب الجسيمات ذات الأقطار أقل من ٠,١ ملليمتر .

٢ - المرحلة الثانية عندما تكون R أكبر من 10^3 ($R > 10^3$) وفي هذه الحالة تكون الحركة النسبية بين الجسيمات والماء حركة سريعة دوامات (Turbulent flow) - ومعامل الاحتكاك بظان ثابتاً ويساوى ٠,٤ للجسيمات الكروية حتى تصل قيمة R إلى مائة ألف . وبالتعويض بقيمة $C_d = 0.4$ في المعادلة العامة (٤) نحصل على المعادلة الآتية التي تعطى سرعة الترسيب في هذه الحالة :

(٨)

$$S = \sqrt{\frac{4}{3 \times 0.4} \frac{D_s - D_c}{D_c} g d}$$

$$\dots S = \sqrt{\frac{10}{3} \frac{D_s - D_c}{D_c} g d}$$

وهي ما تسمى بمعادلة نيوتن (Newton law) وتستعمل للحصول على سرعة ترسيب الجسيمات ذات الأقطار أكبر من ملليمتر واحد .

٣ - مرحلة متوسطة بين المرحلتين السابقتين أي أن قيمة عدد رينولد R يقع بين واحد ، ١٠٠٠ ($10 < R < 1000$) وهي مرحلة انتقالية يصعب فيها تعيين قيمة معامل الاحتكاك C_d

بالنسبة لعدد رينولد « R » حسابياً إلا أنه أمكن تقدير العلاقة بينهما للحبيبات الكروية بالمعادلة الآتية :

(٩)

$$Cd = \frac{24}{R} + \sqrt{\frac{3}{R}} + 0.34$$

ويقترح هيزن (Hazen) استعمال المعادلة الآتية للحصول على سرعة الترسيب في هذه المرحلة وهي ما تسمى بمعادلة هيزن :

(١٠)

$$S = \frac{1}{18} d g \frac{D_s - D_c}{u}$$

ويبين الجدول رقم (٧ - ١) والشكل رقم (٧ - ١٨) سرعة الترسيب للحبيبات المختلفة الأقطار والكثافة عند درجة حرارة عشرة مئوية (٥٦٠ فهرنهايت) . وللحصول على السرعات عند درجات حرارة أخرى يقترح

هيزن ضرب البيانات في الجدول أو الشكل المذكورين في المعامل $\frac{T+10}{60}$ حيث T هي درجة الحرارة بالتقدير الفهرنهايتي المطلوب إيجاد سرعة الترسيب عندها .

وجميع هذه القوانين تعطى سرعة الترسيب في الأحوال المثالية التي يتوافر فيها سكون الماء وتعام كروية حبيبات المواد العالقة وكذلك عدم تعارض واصطدام الحبيبات مع بعضها أثناء الرسوب إلى القاع - ويدهسى أن مثل هذه الأحوال المثالية لا تتواجد في أحواض الترسيب العادية .

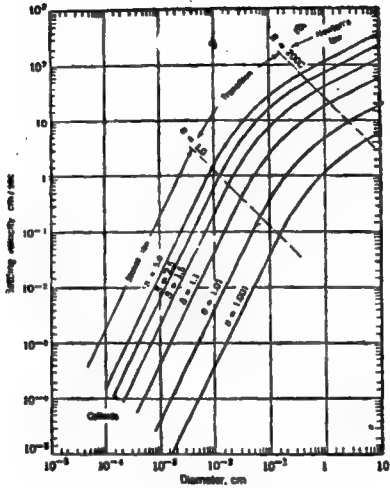
(١٥)

جنول رقم (٧-١)

سرعة هبوط المواد العالقة في الماء

عند درجة حرارة عشرة مئوية

| سرعة الهبوط م/ثانية | | | سرعة الهبوط م/ثانية | | |
|---------------------|--------------|----------|---------------------|--------------|----------|
| الوزن النوعي | الوزن النوعي | القطر مم | الوزن النوعي | الوزن النوعي | القطر مم |
| ١,٢ | ٢,٦٥ | | ١,٢ | ٢,٦٥ | |
| ٠,٣٠ | ٣,٨ | ٠,٠٦ | ١٢ | ١٠٠ | ١,٠ |
| ٠,١٣ | ٢,١ | ٠,٠٤ | ٩,٦ | ٨٣ | ٠,٨ |
| ٠,٠٣٤ | ٠,٦٢ | ٠,٠٢ | ٧,٢ | ٦٣ | ٠,٦ |
| ٠,٠٠٨٤ | ٠,١٥٤ | ٠,٠١ | ٦,٠ | ٥٣ | ٠,٥ |
| ٠,٠٠٥٤ | ٠,٠٩٨ | ٠,٠٠٨ | ٤,٨ | ٤٢ | ٠,٤ |
| ٠,٠٠٣٠ | ٠,٠٦٥ | ٠,٠٠٦ | ٣,٦ | ٣٢ | ٠,٣ |
| ٠,٠٠١٣ | ٠,٠٢٤٧ | ٠,٠٠٤ | ٢,٤ | ٢١ | ٠,٢ |
| ٠,٠٠٠٣٤ | ٠,٠٠٦٢ | ٠,٠٠٢ | ١,٢ | ٨ | ٠,١ |
| ٠,٠٠٠٠٨٤ | ٠,٠٠١٥٤ | ٠,٠٠٢ | ٠,٥٤ | ٦ | ٠,٠٨ |



شكل ٧-١٨

دراسات هيزن (Hazen) للأسس لتصميم أحواض الترسيب :

وفي دراسات للعوامل المؤثرة على كفاءة الترسيب لاستنباط قوانين -
مبنية على أسس حسابية لتصميم أحواض الترسيب افترض هيزن (Hazen)
انه عند هبوط الحبيبات تبقى في القاع ولا تتحرك كما أن كل الحبيبات لها
نفس سرعة الترسيب .

وبفرض : $T =$ الزمن اللازم للحبيبات لتببط من السطح إلى القاع .

$A =$ زمن بقاء الماء في الحوض :

N = عدد أحواض الترسيب المتصلة مع بعضها على التوالي .
 X = نسبة المواد العالقة التي لا تزال عالقة في الماء ولم ترسب بعد مرور الزمن A
 أمكن هيزه التوصل حسابياً إلى القوانين الآتية التي تغطي كفاءة حوض الترسيب :

١ - عند تشغيل الحوض بالماء والتفريغ كل فترة معينة (fill & draw)

$$X = 1 - \frac{A}{T}$$

٢ - عند تشغيل الحوض باستمرار (Continuous flow)

$$X = \frac{1}{1 + \frac{A}{T}}$$

٣ - عند تشغيل حوضين على التوالي (Two tanks in series)

$$X = \frac{1}{(1 + \frac{A}{2T})^2}$$

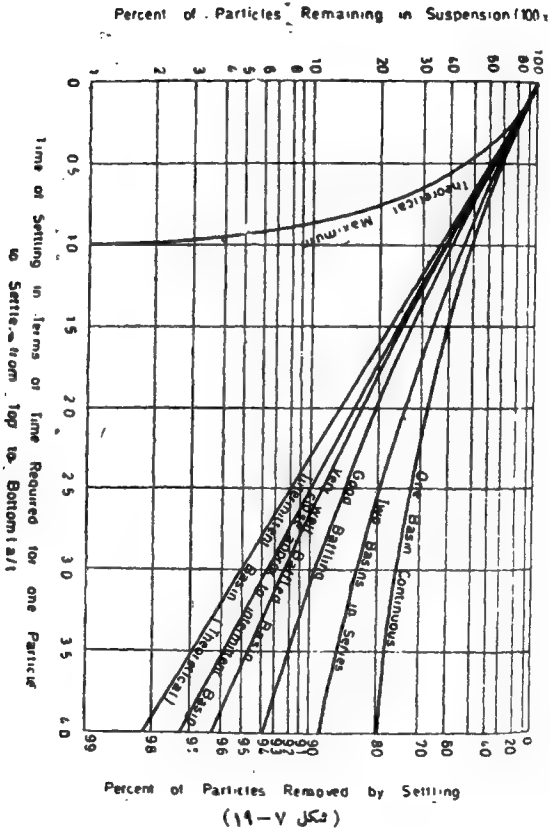
٤ - عند تشغيل ثلاثة أحواض على التوالي (Three tanks in series)

$$X = \frac{1}{(1 + \frac{A}{3T})^3}$$

٥ - وهكذا فإن عند تشغيل N من أحواض الترسيب على التوالي

$$X = \frac{1}{(1 + \frac{A}{NT})^N}$$

والشكل رقم (٧-١٩) يبين هذه المعادلات بيانياً .



ويعتبر هيزن أن الحوض الواحد المستمر التشغيل يعطى كفاءة تعادل كفاءة ثلاثة أحواض متصلة على التوالي إذا كان الحوض مزوداً بالحوائط الحائلة التى تؤدى إلى حسن انتظام وتوزيع المياه فى المدخل والمخرج .

مثال :

المطلوب تصميم حوض الترسيب اللازم لمعالجة ٤٠٠٠ متر مكعب يومياً (مليون جالون يومياً تقريباً) إذا فرض أن ٠,٧٥ من الجيببات العالقة ذات قطر ٠,٠١ مم وكثافة ٢,٦٥ سترسب فى هذا الحوض وذلك :

(أ) لحوض مستمر التشغيل (بدون حوائط حائلة) .

(ب) لحوض مستمر التشغيل مزود بحوائط حائلة كافية لحسن توزيع المياه وانتظامها سيرها فى الحوض .

(ج) لحوض متقطع التشغيل (علأثم يفرغ)

الحسبل :

من الجدول رقم (٧ - ١) (أو بتطبيق معادلة ستوك) نجد أن سرعة هبوط الجيببات ذات قطر ٠,٠١ مم وكثافة ٢,٦٥ تساوى ٠,١٥٤ مم/ ثانية . وبفرض عمق الحوض ثلاثة أمتار .

∴ الزمن اللازم لهبوط الجيببات إلى القاع = T

$$T = \frac{3.000}{0,154} = 19500 \text{ ثانية}$$

$$= 5,4 \text{ ساعة}$$

٢ - حوض مستمر التشغيل بدون حوائط حائلة :

$$\text{بتطبيق المعادلة } X = \frac{1}{1 + \frac{A}{T}} \text{ حيث } 0.25 = X$$

أو من المنحنيات شكل رقم (٧ - ١٩) .

$$0.25 = \frac{1}{1 + \frac{A}{T}}$$

وبما أن $T = 0.40$ ساعة

∴ زمن بقاء الماء في الخوض $= 0.4 \times 3 = 1.2$ ساعة

∴ سعة الخوض =

$$2700 \text{ متر}^3 = \frac{16.20 \times 4000}{24} =$$

∴ المساحة السطحية = السعة ÷ العمق

$$900 \text{ متر}^2 = \frac{2700}{3} =$$

بفرض أن الطول أربعة أمثال العرض :

∴ العرض $= 15$ متر ، الطول $= 60$ متر

ب - حوض مستمر التشغيل مزود بالخواطة الحائلة :

بتطبيق المعادلة $\frac{1}{(1 + \frac{A}{9T})^3} = X$ حيث $X = 0.25$

أو من المنحنيات شكل (٧-١٩)

$$0.25 = \frac{1}{(1 + \frac{A}{9T})^3}$$

وبما أن $T = 0.40$ ساعة

∴ زمن بقاء الماء في الخوض $= 0.4 \times 1.7 = 0.68$ ساعات

$$A \times Q = C = \text{سعة الخوض} \therefore$$

$$٣ \text{ متر } ١٥٠٠ = \frac{٩ \times ٤٠٠٠}{٢٤} =$$

$$\therefore \text{المساحة السطحية} = ٣ \div ١٥٠٠ = ٥٠٠ \text{ متر}^٢$$

وبفرض أن الطول خمسة أمثال العرض

$$\therefore \text{العرض} = ١٠ \text{ متر} , \text{ الطول} = ٥٠ \text{ متر}$$

ج - حوض منقطع التشغيل (يملأ ثم يفرغ)

$$\text{بتطبيق المعادلة } 1 = X - \frac{A}{T} \text{ حيث } X = 0.25$$

أو من المنحنيات شكل (١٩-٧)

$$\therefore 0.25 = 1 - \frac{A}{T}$$

$$\frac{A}{T} = 0.75$$

$$\text{وبما أن } T = ٥,٤ \text{ ساعة (الزمن اللازم لمهبط الحبيبات)}$$

$$A = ٥,٤ \times ٠,٧٥ = ٤ \text{ ساعة}$$

$$A \times Q = C = \text{سعة الخوض}$$

$$٢٦٠ \text{ متر}^٢ = \frac{٤ \times ٤٠٠٠}{٢٤} =$$

$$\text{المساحة السطحية} = \text{السعة} \div \text{العمق}$$

$$٢٢٠ \text{ متر}^٢ = \frac{٦٦٠}{٣} =$$

وبفرض أن الطول أربعة أمثال العرض

∴ العرض = ٧,٥ متر : الطول = ٣٠ متر

المعادلات الاقتراحية لتصميم أحواض الترسيب

كما يقدم ميزن القاعدة الاقتراحية (Imperial rule) التي تعطى العلاقة بين التصريف (مليون جالون/ اليوم) والمساحة السطحية لحوض الترسيب ذو التصريف المستمر وقطر الحبيبات العالقة التي يرسب ٧٥٪ منها في ذلك الحوض.

$$d = 0.0027 f \sqrt{\frac{Q}{A}} \sqrt{\frac{60}{T + 10}}$$

حيث : d = قطر الحبيبات التي يرسب ٧٥٪ منها

A = مساحة الحوض السطحية بالفدان (الفدان ٤٣٥٦٠ قدم^٢)

Q = التصريف بالمليون جالون/يوم

T = درجة الحرارة بالتدريج الفهرنهايتي

f = معامل يتوقف على تشغيل الحوض .

ويتراوح من ١ للحوض المثالي إلى ١,٧ للحوض العادي بقيمة متوسطة

تساوى ١,٤٠ .

مثال :

أوجد المساحة السطحية لحوض ترسيب لتصريف قدرة مليون جالون في اليوم (٤٠٠٠ متر مكعب يومياً تقريباً) إذا علم أن ٧٥٪ من الحبيبات قطر ٠,٠١ ملليمتر سترسب في قاع الحوض وان درجة الحرارة ٥٠° فـهـ نهايـى .

الحاصل

$$d = 0.0027 f \sqrt{\frac{Q}{A}} \sqrt{\frac{60}{T + 10}}$$

$$\therefore 0.01 = 0.0027 \times 1.4 \sqrt{\frac{1}{A}} \sqrt{\frac{60}{50 + 10}}$$

$$\therefore A = .378 \text{ acre}$$

$$= 16600 \text{ ft}^2 = 1660 \text{ m}^2$$

$$\therefore L = 83 \text{ m}$$

$$B = 20 \text{ m}$$

كما يقترح تبسيطاً للقوانين السابقة مراعاة الأسس والمعادلات الافتراضية الآتية عند تصميم وإنشاء أحواض الترسيب :

١ - بناء الحواض والقاع من مادة صماء لا ينفذ منها الماء - ويستعمل لهذا الغرض الخرسانة المسلحة أو العادية أو الطوب بالمونة مع البياض اللازم بالمونة المضاف إليها المواد المانعة لتفاذية المياه .

٢ - أن تكون الحواض رأسية .

٣ - أن تشكل المداخل والمخارج بحيث لا تسبب أى دوامات أو اضطرابات لسير المياه أو للمواد التى رسبت فى قاع الحوض فعلاً .

٤ - اختيار طريقة مناسبة لتنظيف الحوض من الرواسب مع عدم اثارها أثناء عملية التنظيف .

٥ - أن يكون عدد الأحواض فى محطة التنقية كافياً لأن تجرى عملية تنظيف أو صيانة أو أكثر دون التأثير على سعة المحطة والتصرف المنتظر منها .

- ١ - يجب ألا يزيد السرعة الأفقية عن ٣٠ سم/الدقيقة (في الأحواض المستطيلة).
- ٧ - مدة بقاء الماء في الخوض تتراوح بين ساعتين وأربع ساعات .
- ٨ - عمق الخوض يتراوح ما بين ٣ ، ٤ مترات يضاف إلى ذلك عمق لتخزين الرواسب .
- ٩ - لا يتجاوز قطر الخوض الدائري أربعين متراً .
- ١٠ - نسبة الطول : العرض يتراوح بين ٣ : ١ ، ٥ : ١ . على ألا يتجاوز طول الخوض ٥٠ متراً وعرض الخوض عشرة أمتار .
- ١١ - نسبة الطول : العمق تتراوح بين ٧ : ١ ، ١٥ : ١ .
- ١٢ - معدل الحمل السطحي (Surface loading or over flow rate) لا يتجاوز ٧٥ متر مكعب للمتر المسطح في اليوم .
- ١٣ - معدل مرور المياه على هدار المخرج يجب ألا يزيد عن حد أقصى قدره مائة متر^٣/متر / ساعة ويفضل أن ينخفض هذا المعدل حتى ٢٥ متر^٣/متر / ساعة . فإذا كان عرض الخوض غير كافى ليستوعب هداراً بالطول اللازم تمر المياه عليه بهذا المعدل ، أمكن تثبيت الهدار بعيداً عن الحائط النهائي للخوض وبذلك يتضاعف طول الهدار الذى تمر عليه المياه إلى المخرج (شكل ٧-١٣) بل يمكن انشاء هدارين متتابعين في نهاية الخوض فيتضاعف طول الهدار أربعة مرات .
- ١٤ - مراعاة القوانين التالية التى تربط بين التصرف « Q » ومدة المكث « T » والسرعة الأفقية « V » وحجم الخوض « G » والطول « L » والعرض « B » ومعدل التحميل السطحي « O. F. R. » .

$$G = Q \times T = B \times L \times D$$

$$L = T \times V$$

$$V = \frac{Q}{BD}$$

$$O.F.R. = \frac{Q}{B \times L}$$

مثال :

صمم حوض الترسيب اللازم لمعالجة ٤٠٠٠ متر^٣ يومياً باستعمال القواعد المذكورة أعلاه بافتراض أن الرواسب الموجودة في الماء قدرها ٢٥٠ جزء في المليون وان المطلوب ترسيب ٦٠٪ من هذه الرواسب .

الحل :

من المنحنيات شكل رقم (٧ - ١) نجد الزمن اللازم للترسيب بهذه الكفاءة هو ثلاثة ساعات .

$$T \times Q = G = \text{السعة} -$$

$$٣ \times ٤٠٠٠ = \frac{٤٠٠٠}{٢٤} = ٥٠٠ \text{ متر}^٣$$

وبفرض معدل التحميل السطحي = ٣٢ متر^٣/ متر/يوم

$$\therefore \text{المساحة السطحية} = \frac{٤٠٠٠}{٣٢} = ١٢٥ \text{ متر}^٢$$

$$\therefore \text{العمق} = \text{السعة} \div \text{المساحة السطحية}$$

$$= \frac{٥٠٠}{١٢٥} = ٤ \text{ متر}$$

وبفرض الطول = خمسة أمثال العرض

$$\therefore \text{الطول} = ٢٥ \text{ متر} ، \text{والعرض} = ٥ \text{ متر}$$

الباب الثامن

الترسيب مع استعمال الكماويات

Chemical Precipitation

لما كانت سرعة ترسيب المياه للحبيبات الدقيقة ، صغير جداً فإن هذه الحبيبات تأخذ وقتاً طويلاً جداً حتى ترسب إلى قاع حوض الترسيب الطبيعي ولذلك نلجأ إلى إضافة المواد الكيماوية إلى المياه بغرض تجميع الحبيبات الصغيرة في حبيبات أكبر حجماً ومن ثم أسهل ترسيباً .

ولقد وجد أنه عند إضافة بعض المواد الكيماوية إلى الماء تتكون ندف هلامية (flocs) تأخذ في الهبوط إلى أسفل ، وفي أثناء هبوطها تجذب إلى سطحها المواد العالقة الدقيقة فتبسط معها مما يعطى نتائج جيدة لعملية الترسيب بعد فترة وجيزة .

وهذه العملية تعرف بالترويب (Coagulation) كما تعرف المواد الكيماوية بالمروبات (Coagulants) .

وأهم الكيماويات المستعملة لهذا الغرض هي :

- | | |
|----------------------------------|-------------------------|
| 1 - كبريتات الألمنيوم (الشب) | alum, aluminum sulphate |
| ٢ - كبريتات الحديدوز | Ferrous sulphate |
| ٣ - كبريتات الحديديك | Ferric sulphate |
| ٤ - كلوريد الحديديك | Ferric chloride |
| ٥ - كبريتات الحديدوز المكلورة | Chlorinated copperas |
| ٦ - ألومينات الصوديوم | Soduim aluminate |
| ٧ - كبريتات الألمنيوم النوشادرية | ammonia alum |

إلا أن كبريتات الألمنيوم هي أكثر هذه المواد استعمالاً إذ أنها أرخص هذه المواد وأكثرها تواجلاً وانتشاراً في الطبيعة .

ولابد لنجاح عملية الترويب من وجود مواد قلوية في الماء لتتفاعل مع الكيماويات . وهذه المواد القلوية توجد عادة في المياه الطبيعية على هيئة بيكربونات الكالسيوم - فاذا لم توجد القلوية بالكميات اللازمة وجب اضافة مواد قلوية على هيئة ايدروكسيد الكالسيوم (جير مطفى) أو على هيئة كربونات الصوديوم لتعويض هذا النقص قبل اضافة الكيماويات المروية .

١ - الترويب باستعمال كبريتات الألمنيوم : Aluminum Sulphate

وتعرف تجاريا باسم الشب (alum) وتركيبها الكيماوى :

لو_٢ (ك ب آ) : ١٨ آيد_٢ ($Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$) والشمسب كما توجد في الطبيعة أو كما تصنع قد تحتوى على بعض الشوائب لا تنوب في الماء إلا أن هذه الشوائب لا تمثل أو تسبب أى متاعب في التشغيل طالما كانت لا تتجاوز ٥ ٪ - بل من المحتمل أن تعمل هذه الشوائب كنواة تتكون عليها الندف مما يساعد في عمليى الترويب والترسيب .

وعند اضافتها إلى مياه تحتوى على قلوية طبيعية من بيكربونات الكالسيوم يتم التفاعل كالاتى :

كبريتات الألمنيوم + بيكربونات الكالسيوم —>

ايدروكسيد المنيزيوم + ثانى أكسيد كربون + كبريتات كاسيوم (١)

لو_٢ (ك ب آ) + ٣ كا (ك آ ب يد) —>

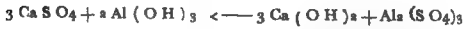
٢ لو (آيد) + ٣ كا ك ب آ - ٦ ك آ



أما إذا كانت القلوية الطبيعية غير كافية ، ففي هذه الحالة يضاف الجير المطفى ايدروكسيد الكالسيوم للماء قبل اضافة الشب ويكون التفاعل كالاتى :

كبريتات الألمنيوم + ايدروكسيد الكلسيوم —>
(٢) { ايدروكسيد الألمنيوم + كبريتات الكلسيوم

لو (ك ب آ ع) ٣ + ٣ كا (آ يد) ٢ —> ٢ لو (آ يد) ٣ + ٣ ك ب آ ع



كما يمكن اضافة القلوية إلى الماء على هيئة كربونات الصوديوم وفي هذه الحالة يكون التفاعل الكيماوى كالتالى :

كبريتات الألمنيوم + كربونات الصوديوم + ماء —>
(٣) { ثانى أكسيد الكريون + ايدروكسيد الألمنيوم + كبريتات الصوديوم

لو (ك ب آ ع) ٣ + ٣ ص ٣ ك آ ٣ + ٣ آ يد ٢ —>
٢ لو (آ يد) ٣ + ٣ ص ٣ ك ب آ ع + ٣ ك آ ٣

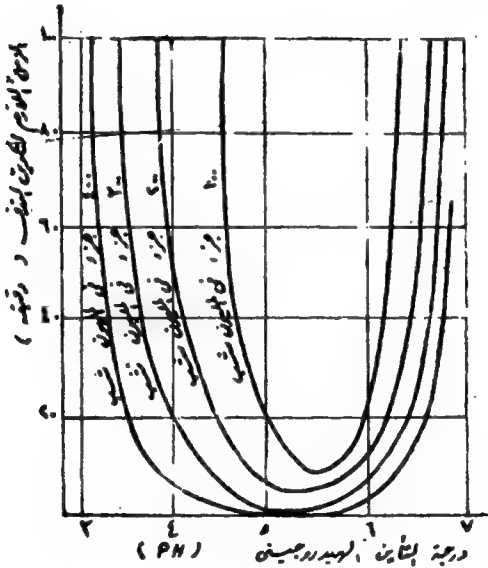
ويلاحظ من دراسة المعادلات أعلاه أن الترويب باستعمال الشب يتميز بالخواص الآتية :

١ - فى جميع هذه التفاعلات ينتج ندف هلامية من ايدروكسيد الألمنيوم تأخذ فى الحبرط إلى القاع جاذبة إلى سطحها المواد العالقة الدقيقة .

٢ - وجود أملاح الصوديوم والبوتاسيوم فى الماء يسبب صفراً فى حجم هذه الندف صفراً يمنع ترسيبها بسوأة (Pin head flocc) وعلاجها لهذه الحالة تراد جرعة الشب .

٣ - وجود أملاح كربونات للكلسيوم أو كربونات المغنسيوم فى الماء يساعد على تكوين الندف الهلامية .

٤ - تؤثر درجة التآين الأيلروجيني (pH) على الجرعة اللازمة والكافية لجودة الترويب - ولقد وجد أن الترويب يكون أكثر جودة إذا كانت المياه ذات تأين أيلروجيني يتراوح من ٤ إلى ٦ كما يوضح الشكل (٨ - ١) مع وجوب ملاحظة أن عملية إضافة الشب إلى الماء تخفض من درجة التآين الأيلروجيني .



(شكل رقم ٨ - ١)

٥ - التفاعل بين الشب وبيكربونات الكالسيوم أو الجير المطفأ ينتج عنه - بالإضافة إلى ايدروكسيد الألمنيوم - كبريتات الكالسيوم التي تذوب في الماء مسببة عسر الماء ولكن ذلك ليس بالأهمية التي تؤثر على صفات الماء.

٦ - التفاعل بين الشب والجير المطفأ أو كربونات الصوديوم ينتج عنها - بالإضافة إلى ايدروكسيد الألمنيوم - ثاني أكسيد الكربون الذي يذوب في الماء ويسبب تآكلاً في المعادن.

٧ - التفاعل بين الشب وكربونات الصوديوم ينتج عنه كبريتات الصوديوم التي تذوب في الماء بكمية ليست من الكبر أو الأهمية التي تؤثر على صفات المساء.

الشب الأسود : Black alum

وهو مسحوق الشب العادي مضافاً إليه نسبة حوالى ٥ ٪ من مسحوق الكربون المنشط (Activated carbon) مما يساعد على إزالة الروائح والطعم من الماء كما يسبب توفيراً في كمية الشب المستعملة.

٢ - الترويب باستعمال كبريتات الحديدوز (Ferrous Sulphate)
وتعرف تجارياً باسم الكوبراس (Copperas) وتركيبها الكيماوى : (ح ك ب آ)
(٧ آ يد) (٧ هـ ٢ ٥) (٤ س ٢ ٥) (Fe S O)

وهى بلورات خضراء سريعة الذوبان في الماء ليتفاعل مع الجير المطفأ الواجب اضافته لإكمال التفاعل الكيماوى وتكوين الندف - كما أن الشوائب التي قد تتواجد فيها لا تسبب أى متاعب تذكر في عمليات تنقية المياه وعندئذ يكون التفاعل الكيماوى كالتالى :

كبريتات الحديدوز + إيدروكسيد كلسيوم + ماء + أكسجين —> {
 إيدروكسيد حديدك + كبريتات كلسيوم (٤)
 ح ك ب آ ٤ + ٤ كا (أيد) ٢ + ٢ أيد ٢ + آ ٢ —>

٢ ح ٢ (أيد) ٢ + ٤ كا ك ب آ ٤

—> $O_2 + 2 H_2O + 4 Ca(OH)_2 + 4 FeSO_4$

$4 CaSO_4 + 2 Fe(OH)_6$

وايدروكسيد الحديدك الناتج من هذا التفاعل هو الراسب الهلامي الذي يجذب إلى سطحه المواد العالقة الدقيقة ويهبط بها إلى قاع الحوض . أما كبريتات الكلسيوم فتلوث في الماء .

ويمتاز الترويب بكبريتات الحديدوز بالآتي :

- ١ - ربما كان أرخص من الترويب بالشب في بعض الحالات .
- ٢ - الراسب الناتج من التفاعل الكيماوى أثقل من ذلك الذى ينتج في حالة استعمال الشب ولذلك فهو أسرع في الترسب .
- إلا أن استعمال كبريتات الحديدوز له المتاعب الآتية :

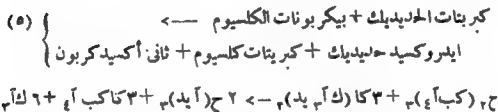
- ١ - لا بد من استعمال الجير المطفأ للحصول على تفاعل كامل .
- ٢ - يحتاج إلى إشراف فى دقيق .
- ٣ - لا يحسن استعماله إذا كانت المياه ملونة .
- ٤ - الجير المضاف قد يتفاعل مع بيكربونات الكلسيوم الموجود أصلا في الماء مما ينتج عنه كربونات الكلسيوم التى قد ترسب في شبكات المواسير .

٣ - الترويب باستعمال كبريتات الحديدك : (Ferric sulphate)

وتعرف تجارياً باسم (Ferrisul or ferrifloc) وتركيبها الكيماوى :



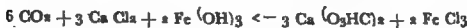
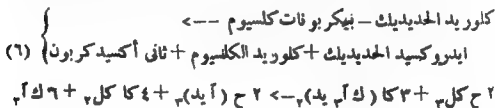
ويفضل اضافتها إلى الماء على شكل مسحوق إذ أن محلولها في الماء يسبب تآكلاً في المعادن . وعند اضافة كبريتات الحديدك إلى الماء يتم التفاعل الكيماوى على الصورة التالية :



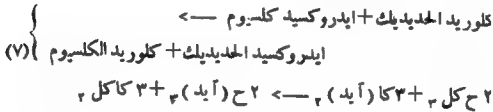
٤ - الترويب باستعمال كلوريد الحديدك : (Ferric chloride)

وتركيته الكيماوى ح كل ٢ (Fe Cl₃)

ولتحوله تأثير شديد على المعادن مسبباً تآكلها ولذلك فإنه يجب الاحتياط عند استعماله - وعند اضافة كلورور الحديدك إلى الماء يتم التفاعل الكيماوى على الصورة الآتية مع القلوية الطبيعية في الماء على هيئة بيكر بونات كلسيوم :

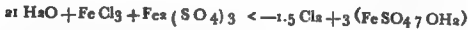
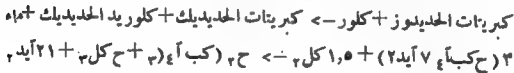


كما يتفاعل كلوريد الحديدك مع القلوية المضافة إلى الماء على هيئة
ايدروكسيد كلسيوم كالآتي :



٥ - الترويب باستعمال كبريتات الحديدوز المكلورة - وهى مزيج

من كبريتات الحديدك وكلوريد الحديدك - وهى تصنع فى الموقع أى
فى محطة تنقية المياه بامرار غاز الكلور على محلول كبريتات الحديدوز
بنسبة ١ : ٧,٨ فيتأكسد كبريتات الحديدوز إلى كبريتات الحديدك كما يتكون
كلوريد الحديدك . كما يتضح فى المعادلة : -



وعند اضافة كبريتات الحديدوز المكلورة إلى الماء يتم التفاعل التكميلى
عن الصورة التى سبق ذكرها عند اضافة كلوريد الحديدك وكبريتات
الحديدك مجتمعين .

وتتميز جميع أملاح الحديد كرومات بالآتي :

١ - فى جميع عمليات الترويب التى تتم باستعمال أملاح الحديدوز
أو الحديدك يكون راسب من ندف هلامية تركيبها الكيماوى ايدروكسيد
الحديدك (Fe (OH)_3)

- ٢ - لا تسبب متاعب في المرشحات .
 ٣ - تزيل اللون من المياه أثناء عمليتي الترويب والترسيب .
 ٤ - تساعد على إزالة أملاح الحديد والمنجنيز الذائبة في الماء .
 ٥ - تساعد على إزالة الطعم والرائحة الناتجة من وجود الغازات مثل كبريتور الهيدروجين في الماء .

٦ - محاليل هذه المروبات قوية للتفاعل مع المعادن . سببها في الماء :
 يوجب الحيلة عند استعمالها وذلك بتحضيرها ونقلها في معدات خاصة مبطنة بالزجاج أو المطاط أو القيشاني أو الحديد الزاوي لا يصدأ .

٧ - هذه الندف المتكونة من التفاعل الكيماوي أثقل من تلك التي تتكون باستعمال الشبوك لذلك تمسح بسرعة أكبر بعد أن تجذب إلى سطحها المواد الدقية العالقة .

أما ألومينات الصوديوم وتركيبها الكيماوي $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{O}_3$ فلا تستعمل كثيراً في عمليات المياه الكبرى لارتفاع ثمنها .

و كذلك كبريتات الألمنيوم النواشورية (وتركيبها الكيماوي



فلا تستعمل كثيراً في العمليات الكبيرة لتنقية المياه - بل يقتصر استعمالها على العمليات الصغيرة مثل حمامات السياحة وبعض الصناعات الخفيفة .

جرعة الكيماويات المروية المستعملة Chemicals doses

يمكن نظرياً تحديد جرعة الكيماويات المستعملة في ترويب الماء من المعادلات الكيماوية السابقة وذلك بمعرفة الوزن الجزيئي وتكافؤ كل من

من الكيماويات المستعملة - إلا أنه من الناحية العملية فإن جرعة المروبات تختلف تبعاً للعوامل الآتية :

١ - كمية المواد العالقة : فكلما زادت المواد العالقة في الماء احتاج الأمر لاستعمال جرعات أكبر .

٢ - حجم المواد العالقة : فكلما كانت المواد العالقة دقيقة الحجم احتاج الأمر لكميات أكبر من المواد المروبة .

٣ - التركيب المصنفي وكمية الأملاح الموجودة في الماء .

٤ - درجة قارية الماء وموضتها (Akalinity & Acidity) فهناك مروبات تجود نتائج استعمالها إذا كانت المياه تميل إلى القلوية ومروبات أخرى تدهى نتائج جيدة إذا كانت المياه تميل إلى الحموضة .

٥ - جودة التقلب لنشر المروب في الماء : إذ أنه لجودة الترويب يجب العمل على نشر المواد المروبة في الماء بسرعة وبانتظام في جميع حجم الماء

٦ - درجة الحرارة : فمعدما تزيد درجة الحرارة يصعب تكوين الندف (Floc) مما يضطرنا إلى زيادة كمية الكيماويات المروبة في الصيف عنها في الشتاء .

٧ - كما يلاحظ صعوبة ترويب المياه النقية نوعاً وذلك لعدم وجود ذرات رفيعة في الماء تعمل كنواة تتجمع عليه الندف (Nuclei) ولذلك نلجأ في بعض الأحوال إلى إضافة طمي دقيق بنسب مختلفة - هذا الطمي يعمل كنواة تتجمع حولها الندف .

٨ - درجة تركيز الأيون الهيدروجيني (pH) : إذ أن هذه تؤثر على سرعة ظهور الندف في الماء . والجلول (٨ - ١) يبين درجة تركيز

الأيون الايدروجيني المناسبة لدرجة ظهور ندف المروبات المختلفة .

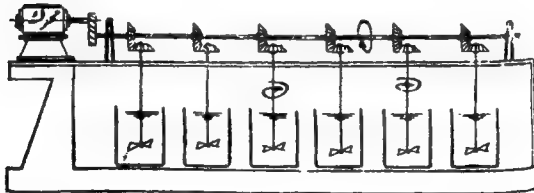
جدول ٨ - ١

درجة تركيز الأيون الايدروجيني للمروبات

| المروب | تركيز الأيون الايدروجيني المناسب |
|------------------|----------------------------------|
| الشب . | من ٤ إلى ٧ |
| كلورور الحديديك | من ٣,٥ إلى ٧ ثم من ٨,٥ فأكثر |
| كبريتات الحديدوز | من ٨,٥ فأكثر |
| كبريتات الحديدك | من ٣,٥ إلى ٦,٥ ثم من ٨,٥ فأكثر |

والطريقة العملية لتقدير جرعة المواد الكيماوية المروبة الواجب استعمالها هو القيام بعمل تجربة (Jar Test) والجهاز الخاص بالتجربة يتكون من ستة كاسات سعة كل منها لتر وبتداخل كل كأس خلاط على أن تدار جميع الخلاطات بمحرك واحد (شكل ٨ - ٢) .

ولاجراء التجربة يضاف المواد الكيماوية بنسب مختلفة إلى الماء الموجود في الكاسات ثم يشغل الخلاط بسرعة لمدة دقيقة ثم يبطء لمدة ثلاثين دقيقة -



(شكل رقم ٨ - ٢)

في خلالها تبتدىء الندف في الظهور - ثم يوقف الانحلاط عن الحركة فتبتدى الندف في الرسوب .

ومقارنة شكل الندف ودرجة رسوبها في الكاسات المختلفة يمكن معرفة نسبة الكيماويات التي أعطيت نتائج طيبة ومن ثم يمكن تقريرها للاستعمال في ترويب المياه - وهذه التجربة لا بد من اجرائها مرة واحدة على الأقل يومياً وذلك لتحديد جرعة الكيماويات المستعملة في المحطة خلال ذلك اليوم إذ ان صفات المياه قد تتغير من يوم إلى يوم تبعاً للظروف التي يتعرض لها مصدر المياه .

والجدول رقم (٨ - ٢) يبين الجرعات المختلفة المستعملة لاضافة المواد الكيماوية المروبة للمياه .

جدول رقم (٨ - ٢)

جرعات المواد الكيماوية المروبة

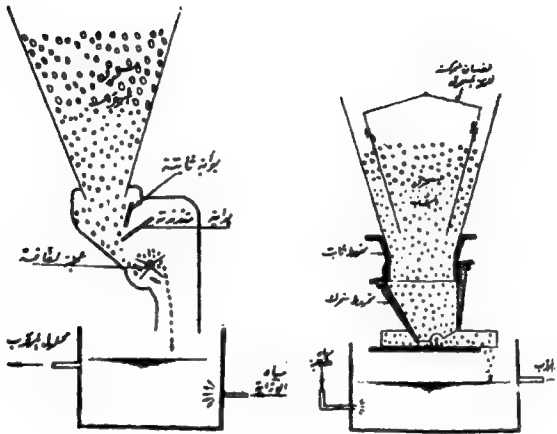
| المسما | الجرعة جزء في المليون |
|--------------------------|-----------------------|
| كبريتات الألمنيوم (الشب) | ٨٠ < - ٥ |
| كلوريد الحديديك | ٥٠ < - ٨ |
| كبريتات الحديديك | ٥٠ < - ٨ |
| كبريتات الحديدوز | ٥٠ < - ٥ |

طرق اضافة الكيماويات للماء Feeding Mechanism

تنقسم الأجهزة المستعملة لتغذية الماء بالكيماويات إلى نوعين رئيسيين :

١ - أجهزة تغذية الكيماويات على شكل مسحوق (Dry feeding) :

(شكل ٨ - ٣) :-

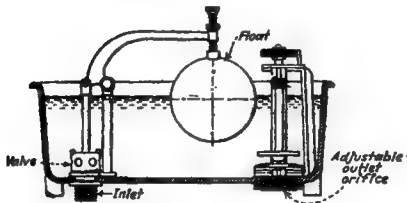
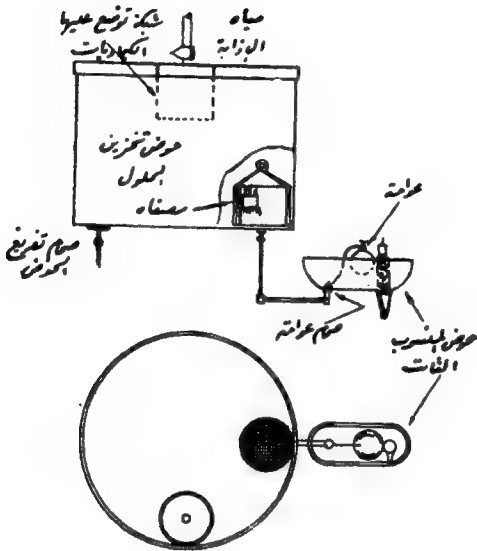


(شكل رقم ٨ - ٣)

وبواسطة هذه الأجهزة يتم التحكم في معدل إضافة المروب إلى الماء قبل إذابته أى وهو على هيئة مسحوق ، ويتم التحكم في هذه الأجهزة أما بوزن المسحوق قبل اضافته (gravimetric control) أو بقياس حجم المسحوق قبل اضافته (Volumetric control) - وفي كلتا الحالتين يضبط الجهاز بحيث تكون النسبة بين جرعة المروب كسحوق إلى كمية المياه المعالجة كما سبق تحديدها تجربة jar-test السابق شرحها.

١ - اجهزة تغذية الكيماويات على هيئة محلول (Solution feed) :

(شكل ٨ - ٤) :



Constant-head orifice box for solution feeds.

(شكل رقم ٨ - ٤)

وبواسطة هذه الأجهزة يتم التحكم في معدل إضافة المروب إلى الماء بعد إذابته وتكوين محلول معلوم التركيز. ويتم التحكم في هذه الأجهزة إما بوزن المحلول قبل إضافته (gravimetric feed) أو بقياس حجمه (volumetric feed) وأجهزة إضافة المروب على هيئة محلول معلوم التركيز وبواسطة التحكم في حجم المحلول المضاف هي أكثر الطرق استعمالاً نظراً لسهولة تشغيلها وصيانتها والتحكم في الجرعة المضافة إلى الماء.

وتتلخص الطريقة في تحضير محلول المادة الكيماوية المراد تغذية الماء بها بتركيز حوالي ٥٪ (يتراوح من ١٪ - ٢٠٪) في أحواض خرسانية مبطنة بالقيشاني أو الخشب أو المطاط أو البتومين لوقاية الخرسانة من التآكل إذ أن بعض هذه المواد الكيماوية يتفاعل مع الأسمنت مسبباً تآكلاً للسطح الخرساني.

وتتم عملية الإذابة بوضع المادة الكيماوية على ألواح خشبية وتسلط خرطوم من الماء عليها حتى تتم إذابتها مع دوام التحريك والتقليب بأذرع خشبية لاتمام عملية الإذابة ولحفظ تجانس المحلول ويحسن أن يكون في محطة المياه أكثر من حوض للإذابة (ثلاثة على الأقل) تعمل كلها بالتوالي دون انقطاع.

بعد أن يتم تحضير المحلول ينتقل في داخل مواسير من المطاط أو البكاليت أو الحديد المبطن بالرصاص إلى حوض التغذية وهو حوض صغير يدخل إليه المحلول خلال صمام عوامة (float valve) وذلك للاحتفاظ بمنسوب ثابت في الحوض وبذلك يمكن موازنة التصريف الخارج من حوض التغذية - ويمر المحلول من هذا الحوض : الثابت المنسوب ، إلى صنادير في قاعة تصب في كاسات زجاجية تخرج منها مواسير تحمل المحلول إلى الماء المراد تغذيته - وكل صندور من هذه الصنادير مزودة بقرص مخرج ويتغير فتحة

الصنبور يتحرك مؤثر على القرص المدرج ليبين التصرف الخارج من الصنبور .

وبديهي أنه بعد تقدير جرعة الروب المطلوب اضافتها بواسطة جهاز (Jar Test) يضبط جهاز التغذية ليعطى التصرف المناسب الذى يغذى الماء بالجرعة المطلوبة .

كما أن هناك طرقاً أكثر تعقيداً لتغذية المياه بمحاليل الكيماويات يمكن بواسطتها التحكم آلياً في كمية المحلول المضافة إلى الماء وتغيير هذه الكمية باستمرار مع تغير تصرف المياه المطلوب تنقيته .

أحوال مزج الكيماويات الروبة بالماء Mixing tanks

بعد اضافة الروب إلى الماء يجب أن يمزجا مزجاً تاماً وذلك لضمان جودة الترويب - ويتم ذلك المزج على خطوتين . ولكل من الخطوتين أكثر من طريقة لتنفيذها :

أ - المزج السريع (Flash mix) :

والغرض منه هو العمل على انتشار المادة الكيماوية بسرعة في حجم المساء بانتظام .

ب - المزج البطيء أو الترويب :

(Gentle mix - gentle agitation, Flocculation, Coagulation)

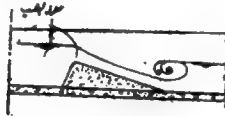
والغرض منه تغليب الماء بما فيه من كيماويات تقليباً بطيئاً لمدة كافية يتم فيها التفاعل الكيماوى - إذ أن لهذا التغليب فائدة كبيرة في اتمام التفاعل كما أن للوأم التغليب خلال هذه الفترة بقاء للندب المتكونة في حركة دائمة مما يساعد على التصاق أكبر كمية ممكنة من المواد العالقة الدقيقة على سطحها

حتى إذا ما أعطيت فرصة للرسوب فيما بعد رسبت بما عليها من مواد
التصديت بها بسرعة إلى قاع حوض الترسيب .

طرق المزج السريع (Flash mixing tanks) :

يتم المزج السريع بأحد الطرق الآتية :

(١) انخافطة محلول الماطة الخروبة للماء فوق (upstream) هضارذ
وموجة ثابتة (standing wave weir) - شكل رقم (٨-٥) وبمرور
المحلول والماء في هذه الموجة الثابتة يتم المزج السريع بينهما .

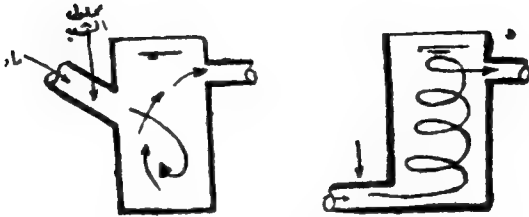


(شكل رقم ٨ - ٥)

(ب) اضافة محلول المادة الكيماوية في ماسورة سحب طامبة الضغط
الواطي وبذلك يضمن المزج بفعل دوران مراوح الطلمية -
إلا ان هذه الطريقة غير مستحبة نظراً لاحتمال تأكسد مراوح
الطلمية نتيجة تفاعل كيماوى بين المواد الكيماوية ومادة المروحة .

(ج) المزج باحداث دوامات في الخوض (Vortex or spiral flow tanks)

هذه الدوامات كافية لأن ينتشر المحلول في داخل جسم الماء -
ويصمم هذا الخوض بحيث تكون مدة مكث الماء فيه حوالى
دقيقة أى أن حجمه يساوى التصرف في دقيقة واحدة . (شكل
٨ - ٦) - على أن تكون الدوامة اما راسية المحور أو أفقية .

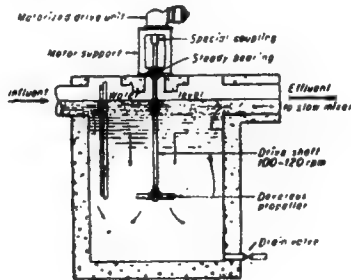


(شكل رقم ٨-٦)

(د) المزج الميكانيكي بخلاط سريع الدوران (شكل ٨-٧) :

Mechanical Agitation With High Speed Paddle

وهذه الطريقة تتلخص في اضافة مجلول المروب إلى الماء في حوض خرساني سعته مقدرة بحيث يبقى الماء فيه لمدة حوالى الدقيقة الواحدة - وفي



(شكل رقم ٨-٧)

من الوقت مركب على هذا الحوض خلاط سريع الدوران
ج عن دورانه في الحوض مزج المروب مع الماء مزجاً تاماً .

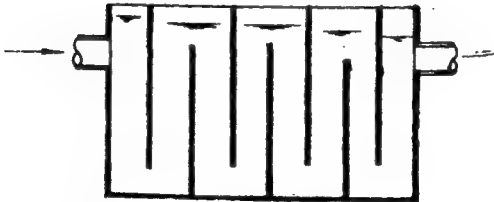
طرق المزج البطيء (Methods of flocculation)

يتم المزج البطيء أو ما يسمى أحياناً بالترويب باستخدام أحواض خاصة
تسمى بأحواض الترويب flacculation or gentle agitation tanks
وهي على أنواع :

(١) أحواض ذات حوائط حائلة لتوجيه سير الماء (Baffled mixing tanks) وهذه تنقسم إلى :

١ - أحواض مقسمة رأسياً بواسطة حوائط حائلة وهدرات -

over & under flow وفي هذه الحوض تمر المياه رأسياً تحت
الجوائط الحائلة وفوق الهدرات وبسرعة محدثة دوامات تعمل على
مزج بمحتويات الحوض مزجاً جيداً (شكل ٨ - ٨) .

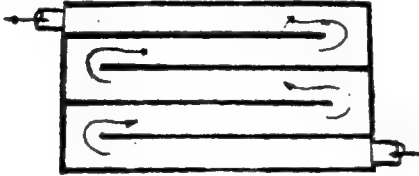


(شكل رقم ٨ - ٨)

٢ - أحواض مقسمة أفقياً بحوائط حائلة :

around the end baffled tank

وفي هذا الخوض تمر المياه أفقياً حول الحوائط المقامة في الخوض
ويسبب تغيير اتجاه المياه دوامات تعمل على هزج محتويات
الخوض هزجاً تاماً (شكل ٨-٩) .



(شكل رقم ٨-٩)

أسس تصميم الأحواض ذات الحوائط الحائلة :

- ١ - المسافة بين الحوائط الحائلة ٦٠ سم .
- ٢ - سرعة المياه بين الحوائط الحائلة حوالي ٣٠ سم / ثانية .
- ٣ - مدة مكث الماء في الخوض من ٢٠ إلى ٣٠ دقيقة - وبذلك يراوح
الطول الكلي لمسار الماء في الخوض من ٣٦٠ إلى ٥٤٠ متر .
- ٤ - عمق الخوض من ٢ إلى ٣ متر .

ومن مزايا هذا النوع من الأحواض :

- ١ - شكل الخوض غير مرتبط بأجهزة ميكانيكية .
- ٢ - عدم الاحتياج لقوى ميكانيكية خارجية لفهم المزج .
- ٣ - عدم الاحتياج إلى صيانة وإشراف في التشغيل .

إلا أن عيوب هذا النوع من الأحواض هي :

- ١ - الفاقد في منسوب الماء بين المدخل والمخرج كبير نظراً للفاقد في الاحتكاك أثناء سير المياه وكذلك للفاقد نتيجة تغير اتجاه سير المياه أكثر من مرة في الخوض .
- عدم القدرة على التحكم في سرعة جريان المياه داخل الخوض نظراً لاختلافها باختلاف تصرف المحطة .
- هذه الأحواض لا تستعمل بكثرة حالياً في محطات تنقية المياه الكبرى .

(ب) استخدام أحواض التخليب الميكانيكى :

Mechanical flocculation tanks

- وهذا النوع من الأحواض صار الآن أكثر انتشاراً في عمليات المياه الكبرى وذلك نظراً للمزايا الآتية التى ينصف بها .
- ١ - استهلاكه يؤول إلى وفر المواد الكيميائية .
 - ٢ - الماء الناتج منه أكثر صفاء من المياه الناتجة من أحواض أخرى
 - ٣ - مرونة التشغيل وسهولة التحكم في سير الماء .
 - ٤ - الفاقد في منسوب الماء بين المدخل والمخرج بسيط جداً .
 - ٥ - رخص التكاليف الانشائية والتشغيلية .
- هناك نوعان لهذه الأحواض :

- ١ - الأحواض مزود بقلابات عبارة عن مجموعة من الاطارات الخشبية (Rotating paddle) تلف بقوة موتور حول محور داخل الماء بسرعة تسمح بحفظ الندف عالقة في الماء دون أن تفتتها إلى أجزاء صغيرة يصعب فيها بعد ترسيبها .

وتنقسم هذه الأحواض إلى ثلاثة أقسام بالنسبة لوضع الاطارات المارة داخل الحوض :

١ - أحواض ذات اطارات عرضية (Transversal) أى أن

محور دوران الاطار عمودى على اتجاه سير المياه (شكل ٨-١٠)

٢ - أحواض ذات اطارات طولية (Longitudinal) أى أن محور

دوران الاطار موازى لاتجاه سير المياه (شكل رقم ٨-١١).

٣ - أحواض ذات اطارات رأسية (Vertical) أى أن محور

دوران الاطار رأسى (شكل رقم ٨-١٢).

اسس تصميم أحواض الترويب ذات الاطارات اللفافة :

mixing tanks with rotating paddles

١ - مدة مكث الماء فى الحوض من ٣٠ إلى ٤٥ دقيقة .

٢ - عمق الحوض من ٢ إلى ٣ متر .

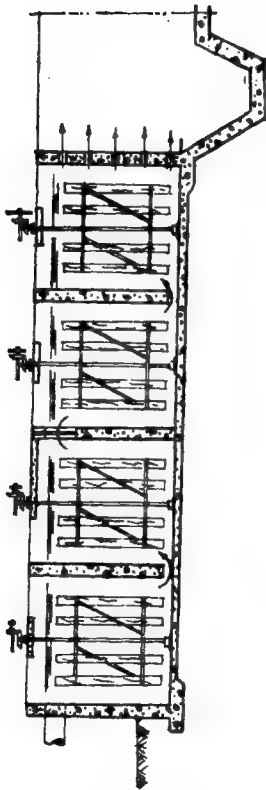
٣ - قطر الاطارات الأفقية المحور يقل عن عمق الحوض بحوالى ثلاثين سنتيمتراً .

٤ - ارتفاع الاطارات الرأسية المحور يقل عن عمق الحوض بحوالى ثلاثين سنتيمتراً .

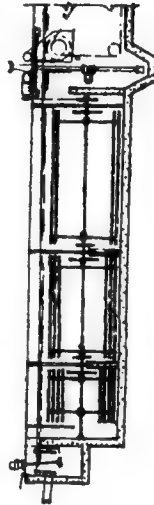
٥ - تدور الاطارات بسرعة محيطية (tangential.el) حوالى ثلاثين سنتيمتراً / الثانية .

٦ - تدور الاطارات الأفقية المحور بحيث يسير الطرف العلوى للاطار فى اتجاه سير المياه .

٧ - يحتوى الحوض على ثلاثة صفوف من الاطارات على الأقل .



شکل ۸ - ۱۷



شکل ۸ - ۱۱

٨ - المساحة الصافية (net area) لاطارات الصف الأول تساوى ٣٥ ٪ من المساحة المائية التى تدور فيها .

٩ - المساحة الصافية لاطارات الصف الثانى تساوى ٢٥ ٪ من المساحة المائية التى تدور فيها .

١٠ - المساحة الصافية لاطارات الصف الثالث تساوى ١٥ ٪ من المساحة المائية التى تدور فيها .

والغرض من هذا النقص فى نسبة مساحة الاطارات كلما بعدنا عن المدخل هو تهدئة حركة التقلب لتفادى تكسير التندف بالقرب من نهاية الحوض .

مثال :

صمم حوض الترويب الميكانيكى ذو الاطارات اللفافة العرضية اللازمة لمعالجة ٤٠٠٠ متر مكعب يومياً . وضح المقاسات الرئيسية بالرسم .

الحل :

بفرض مدة مكث الماء فى الحوض ٤٠ دقيقة

$$\therefore \text{مساحة الحوض} = \frac{40 \times 4000}{24 \times 60} = 110 \text{ متر}^2$$

$$\text{بفرض عمق الحوض} = 2,20 \text{ متر}$$

$$\dots \text{المساحة السطحية} = 50 \text{ متر}^2$$

$$\therefore \text{قطر الاطارات اللفافة} = 1,9 \text{ متر}$$

فاذا كان الحوض يحتوى على ثلاثة صفوف من الاطارات .

١٠ طول الحوض يجب ألا يقل عن المسافة الكافية لدوران الاطارات أكثر من ٥,٧ متر

$$\text{فاذا كان الطول} = 6,25 \text{ متر} \therefore \text{العرض} = 8 \text{ متر}$$

المساحة المائية التى تدور فيها الاطارات = العرض \times العمق .

∴ مساحة الاطارات للصف الأول = $٨ \times ٢,٢ \times ٠,٣٥ = ٦,١٦$ متر

∴ مساحة الاطارات للصف الثاني = $٨ \times ٢,٢ \times ٠,٢٥ = ٤,٤$ متر

∴ مساحة الاطارات للصف الثالث = $٨ \times ٢,٢ \times ٠,١٥ = ٢,٦٤$ متر

عدد الاطارات في الصف الواحد = ٢ وعرض الاطار = ٣,٥ متر

وعرض اللوح الخشبي = ١٥ سم

∴ المساحة الكلية للوح الخشبي = $٢ \times ٣,٥ \times ٠,١٥ = ١,٠٥$ متر

∴ عدد الألواح الخشبية في اطارات الصف الأول = $\frac{٦,١٦}{١,٠٥} = ٦$

∴ عدد الألواح الخشبية في اطارات الصف الثاني = $\frac{٤,٤}{١,٠٥} = ٤$

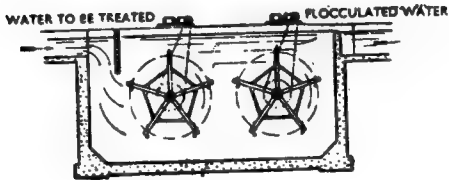
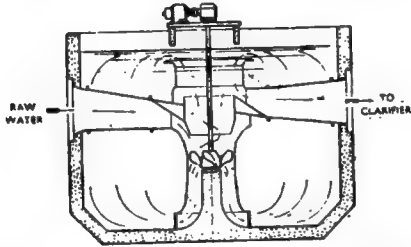
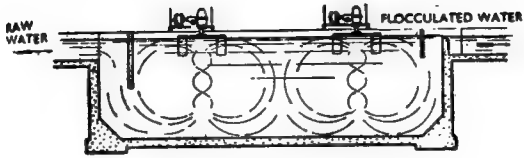
∴ عدد الألواح الخشبية في اطارات الصف الثالث = $\frac{٢,٦٤}{١,٠٥} = ٢$

٢ - أحواض الترويب (Walking Beam Flocculator) (شكل ٨-١٣)

ويتم التقليب في هذا الحوض بواسطة كرات خشبية تتحرك إلى أعلى وأسفل في جسم الماء بواسطة محرك كهربائي - هذه الحركة يتولد عنها اضطراب جسم الماء وتقليبه ليمتزج المفاعل الكيماوى وتكوين الندف دون أن ترسب في قاع الحوض .

ومدة المكث في هذا الحوض حوالى ٣٠ دقيقة وتمتاز هذه الطريقة بأن محور الحركة فوق سطح الماء مما يسهل الصيانة الاصلاح عند الحاجة دون الاضطراب إلى تفريغ الحوض .

كما أن هناك أحواض أخرى للترويب يتبع فيها التقليب الميكانيكى موضحة في الشكل (٨-١٤)



(شكل رقم ٨ - ١٤)

(ج) أحواض الترويب بالهواء المضغوط Flocculation with diffused air

وفي هذه الأحواض يتم التقليل بواسطة ضغط الهواء في مواسير مثقبة موضوعة في قاع الخوض فيخرج الهواء من الثقوب على شكل فقاعات تحدث التقليل المطلوب عنه تصاعدها في الهواء .

وأسس تصميم هذه الأحواض هي :

- ١ - يتراوح العمق بين ٣ مترات و ٤,٥ مترات .
 - ٢ - المسافة بين مواسير الهواء المضغوط حوالى مترواحد .
 - ٣ - قطر الثقب في المواسير « ٣٣ » .
 - ٤ - المسافة بين الثقب على الماسورة من ١٠ إلى ١٥ سم .
 - ٥ - كمية الهواء المستعملة حوالى نصف قدم مكعب / قدم مربع / الدقيقة أى ٥/٣ متر / ٢ دقيقة . وهذه الطريقة تعطى نتائج عالية وتمتاز بالآتى :
 - ١ - مرونة التشغيل .
 - ٢ - صغر التكاليف الانشائية مع سهولة التشغيل .
 - ٣ - تهوية المياه وإزالة ما قد يكون بها من غازات بالإضافة إلى التقليب .
- إلا أن لها العيوب الآتية :

- ١ - عدم انتظام التقليب ما بين سطح الحوض وقاع الحوض .
- ٢ - احتمال سد الثقب نتيجة دخول بعض الرواسب .

أحواض الترويق (Clarifiers)

بعد أن تم عمليتى المزج السريع ثم المزج البطيء تمر المياه فى أحواض ترسيب تسمى بأحواض الترويق حيث تهبط الندف المتكونة فى أحواض الترويب بما جذبت إلى سطحها من مواد عالقة ، إلى قاع الحوض .

وأحواض الترويق فى هذه الحالة لا تختلف عن أحواض الترسيب الطبيعى كما أن العوامل المؤثرة على كفاءة الترسيب فيها وطرق تصميم الحوض لا تختلف عن أحواض الترسيب الطبيعى - وأحواض الترويق مختلفة الأنواع إلا أنها

جميعها تتفق في الأسس الرئيسية لتصميم وأن اختلفت في بعض التفاصيل .
الأسس الرئيسية لتصميم أحواض الترويق :

- ١ - المسقط الأفقى للحوض أما مستطيل طوله حوالى ثلاثة أمثال العرض - أو مربع أو دائرى .
- ٢ - عمق الحوض يتراوح من ٣ متر إلى ٤ متر .
- ٣ - مدة مكث الماء فى الحوض لا يتجاوز ثلاثة ساعات .
- ٤ - السرعة فى الأحواض ذات التصريف الأفقى لا تزيد عن ٣٠ سم / دقيقة .
- ٥ - معدل التحميل السطحى (overflow rate) لا يتجاوز ٤٥ متر ٣ / متر ٢ / يوم .
- ٦ - معدل التصريف على المتر الطولى لمدار المخرج لا يتجاوز ٥٠ متر ٣ للمتر الطولى فى الساعة ويفضل الا يزيد عن ٢٥ متر ٣ للمتر الطولى فى الساعة .

أنواع أحواض الترويق

- ١ - أحواض ترويق دائرى ذات تصريف قطرى (شكل ٨ - ١٥) (٨ - ١٦)

Radial flow circular tanks

وفى هذه الأحواض تدخل المياه فى ماسورة حتى محور الحوض ومن ثم تخرج من الماسورة فقسير فى اتجاه قطرى حتى مدار مركب على طول محيط الحوض .

وتنظف هذه الأحواض بواسطة زحافات (scrapers) تدور بواسطة محرك على كوبرى يزكر نظرياً على الحائط الدائرى للحوض - وعند دوران

وبالإضافة إلى أسس التصميم السابق ذكرها لأحواض الترويق عامة فإنه يجب مراعاة الشروط الآتية :

١ - بحسن ألا تنشأ هذه الأحواض بقطر يتجاوز أربعين متراً (٤٠ متر) وذلك اقتصاداً في تكاليف الكوبرى والأجزاء الميكانيكية الخاصة بإدارة الزخافات.

٢ - سرعة دوران الزخافات لا تتجاوز ٣ مرات في الدقيقة عند محيط الحوض (tangential Vel) حتى لا تسبب إثارة للرواسب التى رسبت في قاع الحوض مما يقلل كفاء الترويق .

٣ - يبنى قاع الحوض بحيث ينحدر انحداراً بسيطاً من المحيط إلى المركز (حوالى ١ : ٤٠) وذلك لمساعدة الزخافات في توجيه الرواسب إلى مركز الحوض حيث يوجد الهرم المقلوب الذى تخرج منه الرواسب .

العيوب الرئيسية لهذا النوع من الأحواض هى :

١ - أحياناً توضع ماسورة الرواسب تحت الحوض حتى تصل إلى المحور (شكل ٨-١٥) فإذا حدث أى هبوط في الحوض أدى فلك إلى كسر في الماسورة يتعذر إصلاحه . ويمكن التغلب على هذا الوضع الماسورة في خندق تحت الحوض وبذلك لا تتحمل الماسورة أية أثقال من الحوض كما يمكن الوصول إلى داخل الخندق لجعل أى إصلاح للماسورة كما يمكن وضع الماسورة بحيث تدخل الحوض على منسوب عالى (شكل ٨-١٦) .

٢ - زيادة سرعة الماء في الحوض عند المحور عنها بالقرب من المحيط مما قد يسبب إثارة المواد الراسبة المتركمة عند المحور .

٣ - انخفاض السرعة بالقرب من محيط الحوض يزيد من الترسيب
الذى يحدث بعيداً عن مركز الحوض حيث يوجد مخرج الرواسب

٣ - أحواض ترويق دائرية ذات تصرف أفقى

Horizontal flow circular tanks

وفى الحوض تدخل المياه فى ربع محيطه تحت حائط حائل (baffle)
بطول ربع المحيط . كما تخرج المياه على مدار و بطول ربع المحيط كذلك فى
الجانِب المقابل من الحوض .

وطريقة تنظيف الحوض تشبه طريقة تنظيف الأحواض الدائرية ذات
التصرف القطرى .

٤ - أحواض ترويق دائرية ذات تصرف حلزونى (شكل ٧-١٧) :

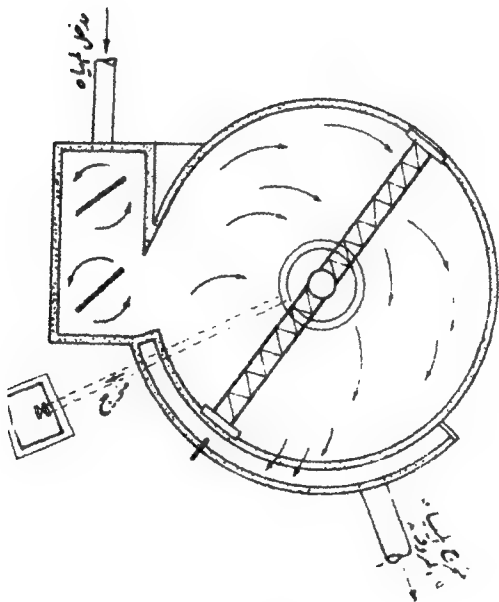
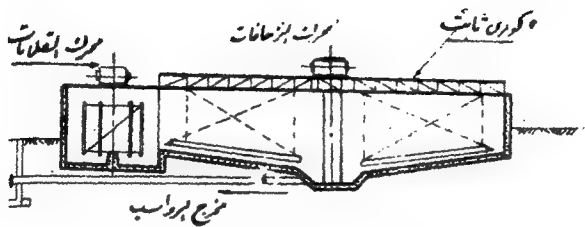
Spiral flow circular tanks

فى هذه الأحواض تدخل المياه من فتحة جانبية بارتفاع الحوض على
أن توجه المياه بحيث تدخل فى اتجاه مماس محيط الحوض فتأخذ بذلك اتجاه
دائرى لتخرج المياه على مدار بطول من ربع إلى ثلث محيط الحوض .

أما طريقة التنظيف فهى نفس الطرق المتبعة فى الأحواض الدائرية الأخرى

من مزايا هذا النوع من الأحواض :

- ١ - ماسورة المدخل لا توضع تحت أساس هذا الحوض .
- ٢ - حركة زحافات التنظيف فى اتجاه سير المياه فى الحوض .
- ٣ - ارتفاع فى كفاءة الترسيب .
- ٤ - مدة مكث الماء فى الحوض أقل من الأحواض الدائرية الأخرى
مما يقلل من سعة الحوض ومن ثم تكاليف الاشياء .



(شکل رقم ۸-۱۷)

البَابُ النَّاسِخُ

الترشيح
Filtration

الا أنه من أهم عيوب هذه الأحواض ذات التصريف الحزوني احتمال حدوث ظاهرة اختصار المياه لمسارها في الحوض (short circuit) مما يضعف من كفاءة الترسيب وبالتالي يحد من التوسع في استمالاته إلا إذا اتخذت الاحتياطات الكافية لوقف هذه الظاهرة وفيما أهم أسباب حدوث هذه الظاهرة :

١ - إذا كانت سرعة دخول الماء غير كافية لاجداث الدوة الحزونية فإن المياه قد تتجه مباشرة إلى المخرج دون أن تبقى في الحوض مدة المكث اللازمة - مما يضعف من كفاءة الترسيب

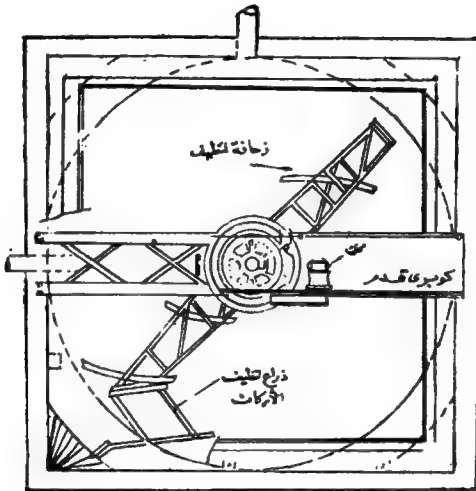
٢ - إذا كانت المياه الداخلة أكثر حرارة من المياه الموجودة بالحوض أى أقل كثافة فيندفع الماء الساخن طافياً على السطح إلى المخرج مباشرة دون أن يبقى في الحوض مدة المكث اللازمة .

٥ - أحواض ترويق مربعة ذات تصريف أفقى (شكل ٨ - ١٨) :

Horizontal flow square tanks

وفي هذه الأحواض تدخل المياه في أحد جوانب المربع تحت حائط حائل متجهة إلى الجانب المقابل حيث يوجد هدار المخرج .

وتنظف هذه الأحواض بواسطة زحافات مثبتة في أزرع طولها يساوى نصف ضلع المربع وتدور حول محور في مركز الحوض - إلا أنه لا كان الحوض مربعاً فإن الزحافات العادية لا يمكن أن تصل إلى أركان الحوض لتنظيفها . ولذلك يثبت في نهاية الأزرع زحافة خاصة بالأركان تتزاق لتسدد كلما اقتربت من الأركان وتتكشف في مواجهة اضلاع الحوض وذلك بفعل سوية خاصة .

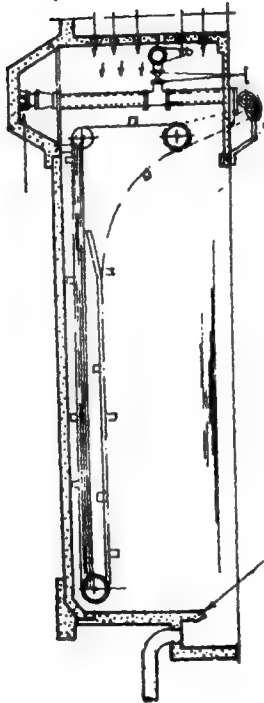


(شكل رقم ٨ - ١٨)

٦ - أحواض ترويق مستطيلة أفقية التصريف شكل (٨ - ١٩) :

Horizontal flow rectangular tanks

وفي هذه الأحواض تدخل المياه من جانب الحوض عن طريق فتحات منشرة على العرض الكامل الحوض أو تمر تحت حاجز حائل . وذلك لتفيم سير الماء وضمان مريانها بكامل قطاع الحوض وعدم تواجد مناطق شلوكة (dead zone) - وفي الجانب المقابل الحوض يوجد مدار المخرج .



(شکل رقم ۸ - ۱۹)

و طريقة تنظيف ، هذه الأحواض تطابق تنظيف أحواض الترسيب الطبيعي
المستطيلة والسابق شرحها .

أحواض مشتركة للترويب والترقيق

وهذه الأنواع من الأحواض قامت الشركات المعنية بتصنيع معدلات تنقية
المياه بأنشائها وتسجيلها تحت أسماء مسجلة (Patent) محفظة لنفسها بحق
إنشائها وجميع هذه الأحواض تتفق في الفكرة الرئيسية وهي إنشاء حوض
الترويب على شكل أسطوانة تدخله المياه في المحور ثم تخرج من المحيط أو من
أسفله لتدخل في حوض الترقيق وهو عبارة عن أسطوانة محيطة بحوض
الترويب أى أن الحوضين عبارة عن وحدة واحدة مكونة من أسطوانتين
متداخلتين متحلقى المحور .

وأهم هذه الأنواع هي :

١ - Clarifloculator وهو من إنتاج شركة Dorr Oliver

وفيه تدخل المياه إلى محور حوض الترويب حيث يتم التقليل بواسطة
مجموعة من الأمشاط التي تدور بقوة محرك كهربائي لتدخل أسنانها مجموعة
أمشاط ثابتة وبذلك تتم عملية المزج البطيء للكميات المروبة بالماء .

وتخرج المياه من أسفل المروب لتسير في اتجاه قطري (radial flow)
وفي نفس الوقت إلى أعلى لتخرج على مدار بأكمله محيط حوض الترويب .
مخلفة الرواسب في قاع الحوض على أن ينظف الحوض من الرواسب بواسطة
زحافات مثل التي توجد في أحواض الترقيق المائية العادية وتدار بواسطة
محرك كهربائي خاص والشكل رقم (٨ - ٢٠) يبين قطاع ولسقط أفقى
للحوض .

وأهم أسس تصميم هذا الحوض هي :

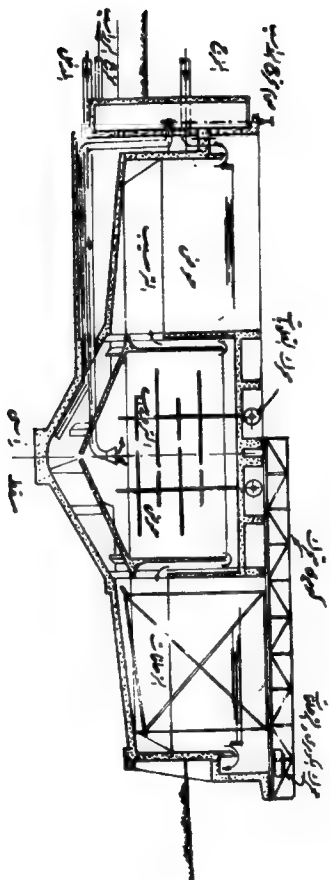
- ١ - مد المكث في حوض الترويب ٢٠ إلى ٣٠ دقيقة .
 - ٢ - مدة المكث في حوض الترويق ١٠٠ إلى ١٥ دقيقة .
وبذلك تكون مدة المكث الكلية من ساعتين إلى ثلاث ساعات
 - ٣ - سعة حوض الترويب من ١٥ إلى ٧٥ / ١٠٠ السعة الكلية .
 - ٤ - العمق الكلى للحوض لا يتجاوز أربعة أمتار - كما أن عمق حوض الترويب لا يتجاوز ثلاثة أمتار .
- على أنه يجب مراعاة ألا تسبب خروج المياه من قاع حوض الترويب
اثارة للرواسب المتجمعة في قاع الترويق .

٢ - Bamag Clarifier وهو من انتاج شركة باماج Bamag Co.

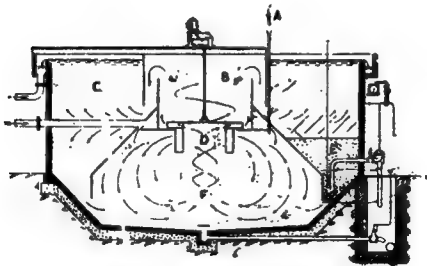
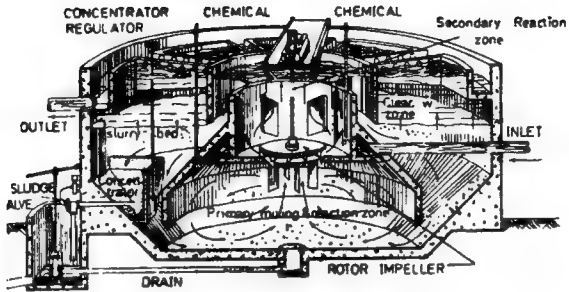
ويختلف عن سابقة في طريقة تقليب الماء في أحواض الترويب ففي هذا الحوض تتم عملية التقليب بأربعة اطارات أو أكثر تدور حول محاور رأسية بقوة موتورات كهربائية كما تترك المياه حوض الترويب فوق هدارات في أعلاه ثم تنجه إلى أسفل تمر تحت حائط حائل إلى حوض الترويق - ومن ثم تنجه في اتجاه قطري إلى أعلى تمر على هدار المخرج بكامل محيط حوض الترويق (شكل ٨-٢١) . وأسس تصميم هذا الحوض هي نفس أسس تصميم الحوض السابق .

٣ - Accelerator وهو من انتاج شركة Infilco co شكل رقم (٨-٢٢) :

وفي هذا الحوض تنقسم غرفة الترويب إلى قسمين قسم علوي وقسم سفلي بينهما ريش تلف بواسطة محرك كهربائي بسرعة حوالي ستة لفات في الدقيقة - وتدخل المياه في أعلى القسم السفلي من حوض الترويب موزعة على محيط الحوض بالكامل وموجهة إلى أسفل - إلا أن دوران الريش



(شکل رقم ۸-۲۱)



- Diagram showing the operation of an Accelerator clarifier.

- | | |
|-----------------------------|------------------------------|
| A. Reagent inlet. | D. Impeller. |
| B. Secondary reaction zone. | E. Sludge concentration zone |
| C. Clear water. | F. Primary reaction zone |

الموجودة ما بين جزئي حوض الترويب تعمل على اثاره الماء ووجهه إلى الجزء العلوى من حوض الترويب وعن طريق هذا التقليب للماء يتم تكوين الندف التى ترى فى حوض الترويب فى حركة واثارة مستمرة .

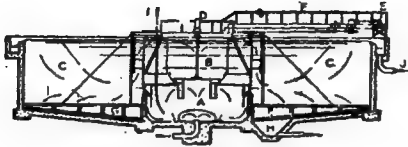
ومن الجزء العلوى لحوض الترويب تخرج المياه على هدارات والتوجه ثانية إلى أسفل بواسطة حائط حائل دائرى (Circular Baffle) وفى حوض الترسيب تعود وتوجه إلى أعلى إلى المخرج المكون من عدة هدارات قطرية تصب جميعها فى مخرج عموى واحد .

أما الندف والمواد العالقة فتبسط إلى القاع المخروطى للحوض ليدخل بعضها إلى الجزء الأسفل من حوض الترويب ليعمل كنواه يتجمع حولها المزيد من الندف والمواد العالقة الدقيقة - أما البعض الآخر فيتجمع فى جيوب موزعة على محيط الحوض تتركز فيها الرواسب (Sludge concentrator) ليخرج منها خلال صمامات تفتح وتغلق وتوماتيكياً بانتظام على فترات مقررّة تبعاً لتشغيل الحوض .

وتبلغ مدة المكث الكلية للترويب والترسيب من ساعة ونصف إلى ساعتين تبعاً لكمية الرواسب ونوعها وحجم حبيباتها . كما يتميز هذا الحوض بإمكان ازالة الرواسب منه تحت ضغط الماء دون الحاجة إلى تجميعه بزحافات ميكانيكية مثل تلك التى تتواجد فى الأحواض الأفقية القاع .
ويزود الحوض بصمام خاص لتفريغه .

٥ - Cyclator Clarifier (شكل ٨ - ٢٣) :

وهو يشبه إلى حد كبير فى الانشاء والتشغيل الحوض السابق الا أن قاعه أفقى - ولذلك لا بد من استعمال زحافات لتجميع الرواسب فى جيب مخروطى فى قاع الحوض ، ومنه إلى خارج الحوض عن طريق صمامات تعمل أوتوماتيكياً بانتظام على فترات مقررّة .



-The Cyclator clarifier.

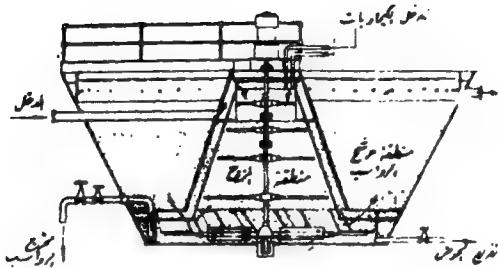
- | | |
|---|---|
| A. Water inlet and primary flocculation zone. | E. Driving motor for the revolving arms G (by cable). |
| B. Secondary flocculation zone. | F. Fixed walk-way. |
| C. Settling zone. | G. Sludge scraper arms. |
| D. Stirring and circulating device. | H. Sludge pit. |

(شكل رقم ٨ - ٢٣)

٦ - Precipitator وهو من انتاج شركة Permutite (شكل ٨ - ٢٤)

وهو يشبه في الشكل العام حوض Accelerator إلا أن حوض الترويب مكون من غرفة واحدة تدخل فيها الماء ومحلول الكيماويات من أعلى وإثناء مرورها إلى أسفل تتعرض لتقليب مستمر بواسطة ريش خاصة تدار ميكانيكياً ثم تخرج المياه بعد تكوين الندف من أسفل حوض الترويب - ويتجه إلى أعلى مختزلاً طبقة من الندف (Sludge Blanket) السابق تكوينها في الحوض والمحتفظ بها عالقة في الجزء الأسفل من الحوض - هذه الطبقة تعمل كمرشح تحجز في مسامها الرواسب والندف العالقة بالماء - ومن ثم تفصل المياه إلى الخارج المكون من عدة هدايات قطرية تنصب جميعها في مخرج عمومي واحد .

وتأخذ طبقة الرواسب والندف المعلقة في الجزء الأسفل من الحوض في الازدياد حجماً نتيجة لحجزها المواد العالقة حتى يصل مستوى سطحها العلوى منسوب معين فيزال بعضها عن طريق صمامات في قاع جيوب موزعة على محيط الحوض .

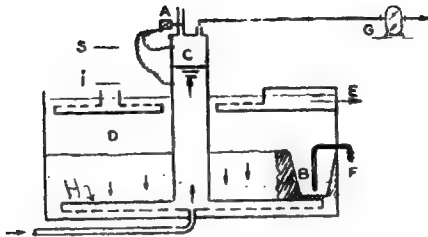


(شكل رقم ٨ - ٢٤)

٧ - المروق النابض (Pulsator) (شكل ٨ - ٢٥) :

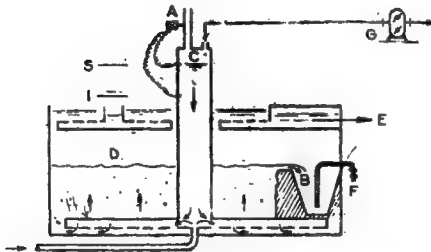
تعتمد نظرية تشغيل هذا الحوض على إدخال المياه فيه على دفعات متقاربة (كل نصف دقيقة تقريباً) - وكذلك على إمرار المياه أثناء خروجها من الحوض خلال طبقة من التندف (Sludge blanket) السابق تكوينها في الحوض والمحتفظ بها معلقة في الجزء الأسفل من الحوض - هذه الطبقة من الرواسب المعلقة تحجز المزيد من الرواسب العالقة في الماء أثناء مروره خلالها - على أن يتم إخراج جزء من هذه الرواسب المعلقة كلما زادت كثيتها ، بعد تركيزها في جيوب خاصة على جانبي الحوض ، خلال صمامات تعمل أوتوماتيكياً على فترات متقاربة .

والمروق النابض كما في (شكل ٨ - ٢٥) يتكون من حوض مستطيل أفقى القاع . مغطى بشبكة من المواسير المثقبة « H » لتدخل منها المياه إلى الحوض . كما يوجد في أعلى الحوض شبكة أخرى من المواسير المثقبة



First half of cycle

Air valve A is closed
The water rises in the vacuum chamber C
The water in the clarifier D is at rest
The sludge settles



Second half of cycle.

The water in the vacuum chamber C reaches level S and the air valve A opens
The water in the vacuum chamber C enters the clarifier D. The sludge in the clarifier rises with the water. The excess sludge enters concentrator B. The clarified water flows off at E. When the water falls to the level I in vacuum chamber C, valve A closes
The compacted sludge in concentrator B is evacuated via automatic valve F.

« E » : لجميع المياه المروثة - وبذلك يضمن انتظام سير المياه بكامل المساحة الأفقية للحوض . وهناك أكثر من طريقة يتم بها ادخال المياه في الحوض متقطعا . إلا أنها جميعها تستلزم إيجاد حيز لتخزين المياه لفترة قصيرة قبل دفعها إلى الحوض وأبسط هذه الطرق هو ادخال المياه في حجرة مفرغة « C » يسحب منها الهواء بواسطة طلمبة الهواء « G » التي تعمل على تفريغ كمية من الهواء مساوية لحجم الماء المراد دفعه في الحوض - وتتصل الحجرة « C » بشبكة المواسير المثقبة في قاع الحوض .

وعند تفريغ الهواء من الحجرة « C » يرتفع الماء فيها إلى المنسوب « S » (حوالي متر فوق منسوب المياه في الحوض) فيتم اتصال كهربائي ينتج عنه فتح صمام الهواء « A » بسرعة وتوقف طلمبة سحب الهواء « G » . عن العمل . وبذلك يدخل الهواء في الحجرة المفرغة صاعطاً الماء إلى الحوض - حتى إذا ما انخفض منسوب الماء في الحجرة المفرغة إلى المنسوب « I » ثم اتصال كهربائي ينتج عنه قفل صمام الهواء « A » وإعادة تشغيل طلمبة الهواء « G » .

ويقدر الزمن اللازم للدورة الكاملة لتشغيل المروق النابض بحوالى نصف دقيقة : عشرون ثانية للماء الحجرة المفرغة بالماء . وخمسة ثوانى لتفريغ الماء منها .

ونتيجة لهذه الطريقة في التشغيل تتكون طبقة من التندف والرواسب التي تبقى معاقلة في الماء في النصف الأسفل من الحوض ، تمر خلالها المياه أثناء ارتفاعها في الحوض - هذه الطبقة تتحرك كوحدة متماسكة في الحوض من أسفل إلى أعلى أثناء دخول الماء في الحوض . ومن أعلى إلى أسفل أثناء توقف دخول الماء إلى الحوض - كما أنها تعمل عند مرور الماء خلالها كرشح

لأنه تجزى في مسامها المزيد من الندف والمواد العالقة - وبديهي أن يأخذ ارتفاع هذه الطبقة في الإزدیاد بما تجزئه باستمرار من ندف ورواسب . حتى إذا وصل مستوى سطحها العلوى إلى منسوب معين ازم إزالة بعضها عن طريق جبيوب هرمية الشكل « B » على جانبي الحوض . تتركز فيها الرواسب قبل خروجها خلال الصمامات « F » التي تفتح وتغلق أوتوماتيكياً بانتظام وعلى فترات متقاربة تبعاً لتشغيل الحوض وكبة ما تحتويه المياه من رواسب . وهناك أنواع أخرى من هذه الأحواض : ومنها :

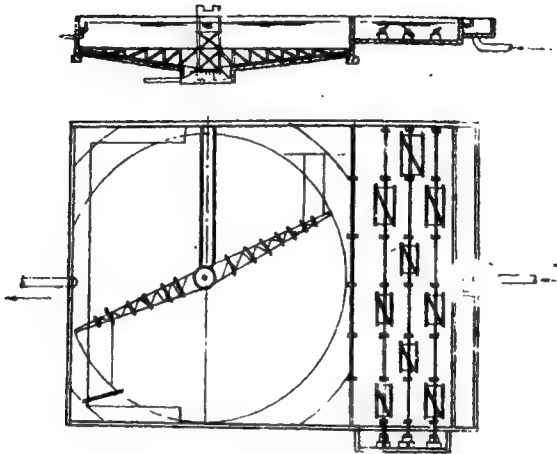
١ - Hydrator وهو من انتاج شركة Dorr Oliver Co

٢ - Reactivator وهو من انتاج شركة Graver Co.

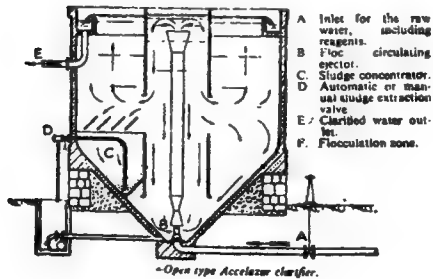
٣ - Dorco Flocc Squarez Clarifier وهو من انتاج شركة Dorr Oliver Co.
(شكل ٨ - ٢٦) .

٤ - Aquazur flocculator clarifier

٥ - Accelazur clarifier (شكل ٨ - ٢٧) .



(شکل رقم ٢٦ - ٨)



(شکل رقم ٢٧ - ٨)

عندما يترك الماء أحواض الترويق انسأبق ذكرها يكون محتويا على عكارة تتراوح من ١٠ إلى ١٢ جزء في المليون .

وعملية الترشيح هى العملية التى يتم فيها ازالة هذه العكارة عن طريق حجز المواد العالقة الغروية المسببة لما بامرار الماء خلال طبقة مسامية تحجز هذه المواد وأهم المواد التى تستعمل لهذا الغرض :

١ - الرمل Sand

٢ - فحم الأنتراسيت Anthracite Coal

إلا أن أكثر المواد استعمالا هو الرمل نظراً لرخص اسعاره وعدم تغير خواصه الطبيعية أو الكيميائية بمضى الوقت وتوافره فى مناطق كثيرة .

والتغيرات التى تطرأ على الماء نتيجة لمرورها خلال طبقات المرشح هى :

١ - ازالة المواد العالقة الغروية .

٢ - نقص كبير فى عدد البكتريا الموجودة فى الماء .

٣ - لإزالة اللون الذى قد يتواجد فى الماء .

٤ - بحتمل حدوث بعض تغيرات فى المواصفات الكيميائية للماء .

نظرية الترشيح Theory of filtration

وهناك نظريات عدة وتفسيرات مختلفة تحاول شرح أسباب حدوث هذه التغيرات التى تطرأ على الماء نتيجة لترشيحه خلال طبقة مسامية وأهم هذه النظريات :

١ - التصفية الميكانيكية Mechanical Straining

أى أن طبقة الرمال بما فيها من مسام تعمل كصفاء دقيقة الفلترت ، حجز المواد العالقة التى يزيد حجمها عن المسام — أما حجز المواد العالقة الغروية والبكتيريا والتي يصغر حجمها عن حجم المسام فلا بد من تفسير آخر يشرح سبب حجزها فى المرشح .

٢ — المسام ما بين جزيئات الرمل تعمل كأحواض ترسيب متناحية فى القعر :

(Voids act as minute settling tanks.)

وعلى جوانب أحواض الترسيب هذه تهبط المواد العالقة الغروية والبكتيريا لتلتصق بها وتتم المياه خلال المرشح خالية منها — وهذا التفسير يشرح سبب حجز المواد الغروية والبكتيريا فى المرشح بالرغم من أن حجمها أكبر من حجم المسام .

٣ — التصاق المواد الغروية العالقة بجزيئات الرمل

Adherence of colloids to sand grains

فعند مرور الماء بما فيه من مواد عالقة فإن هذه المواد موحا كانت صغيرة ستحتك بسطح جزيئات الرمل ومن ثم تلتصق بعضها بجزيئات الرمل نظراً لعدم استواء كل من سطح جزيئات الرمل وشكل الثرويات العالقة بالماء . كما أن الالتواء فى المسام يساعد على هذا الالتصاق .

وبالاستمرار فى عملية الترشيع تأخذ المواد التى يحجزها المرشح فى مسامه فى الازدياد مما يسبب ضيقاً لهذه المسام ومن ثم زيادة فى جودة الترشيع .

٤ — التفاعلات الكهربائية (Electrolitic Action) :

وتفسير ذلك أنه من المحتمل أن جزيئات الرمل عندما تكون نظيفة . تميل على سطحها شحنات كهربائية كما أن المواد العالقة بالماء تحمل شحنات كهربائية

من نوع آخر ، فيحدث تجاذب بينهما مما يسبب التصاق المواد العالقة بالرمل فيمر الماء من المرشح نقياً .

ويتراكم المواد العالقة على سطح حبيبات الرمال تتعادل الشحنات الكهربية الموجودة على كل منها مع بعضها . وعندئذ يجب غسل المرشح لتجديد الشحنات الكهربية على سطح الرمال .

• - التفاعلات البيولوجية (Biological Activities) :

إذ أن الكائنات الحية الدقيقة الموجودة في الماء تستعمل ما يوجد في الماء من أملاح أو مواد عضوية أو غازات ذائبة في غذائها ونشاطها مما ينتج عنه تغير في التركيب الكيميائي لهذه المواد - إلا أن هذه الظاهرة يتوقف تأثيرها على مدة بقاء الماء في المرشح أى على معدل الترشيح - فنزداد ظهوراً كلما طالت المدة أى قل معدل الترشيح .

أنواع المرشحات

تنقسم المرشحات إلى نوعان رئيسيان :

١ - المرشح الرمل البطيء Slow sand filter

٢ - المرشح الرمل السريع Rapid sand filter

وهذا بدوره ينقسم إلى نوعين :

(أ) مرشحات بالجاذبية الأرضية Gravity rapid sand filter

(ب) مرشحات بالضغط Pressure rapid sand filter

وفي جميع هذه الأنواع تمر المياه من أعلى إلى أسفل خلال طبقة من الرمل

مخلقة وراؤها المواد العالقة ثم في طبقة من الزراط إلى شبكة من المواسير المبطنة أو المفتحة الوصلات إلى خارج المرشح .

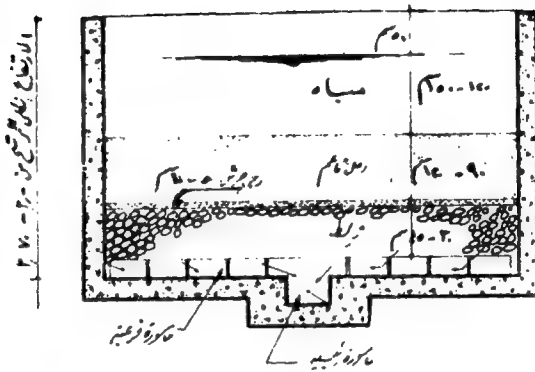
المرشحات الرملية الباطنية

يتكون المرشح الرمل الباطني من حوض جذرائه وقاعة من مادة صماء أما من خرسانة مسلحة أو طوب أو دبن بلونة ومسقطه الأفقي أما مريع أو مستطيل (شكل ٩ - ١) .

ويغطي القاع شبكة من القنوات أو المواسير المفتوحة الوصلات لتصريف المياه من الحوض وتعلو هذه الشبكة طبقات من الزلط يأخذ حجم حبيباتها في الصغر من أسفل إلى أعلى كما هو مبين في الجدول رقم (٩ - ١) .

ثم تعلو ذلك طبقة من الرمل الخرش قطره ١.٥ - ٢ لليمتر بارتفاع من ٥ سم إلى ١٠ سم - ثم طبقة من الرمل الناعم بارتفاع من ٩٠ إلى ١٢٠ سنتيمتر سنتيمتر بقطر فعال (Effective size) ٠.٢٠ - ٠.٣٠ لليمتر ومعامل انتظام (Uniform coefficient) يساوي ١.٧٠ - ٠.٢٠ .

أما ارتفاع الماء في المرشح فوق الرمل فيتراوح بين ١٢٠ . ١٥٠ سنتيمتر على أن ترتفع حافة حائط المرشح حوالي ٥٠ سنتيمتر عن سطح الماء - وبذلك يكون العمق الكلي للمرشح ما بين ٣,٧٠ - ٣,٠ مترا .



(شكل ١ - ٩)

جدول رقم (٩ - ١)

ارتفاع طبقات الزلط وارتفاعها

| ارتفاع الطبقة (سنتيمتر) | قطر الزلط المستعمل (مليمتر) |
|-------------------------|-----------------------------|
| ٥ - ١٠ | زلط رفيع ٢ - ٥ |
| ١٠ - ١٥ | زلط عريض ١٠ - ٢٠ |
| ١٥ - ٢٠ | زلط كبير ٢٠ - ٥٠ |
| ٣٠ - ٤٠ | |

تشغيل الرشح :

١ - بدء تشغيل الرشح (Starting the filter)

عند بدء تشغيل الرشح لأول مرة يجب أن يملأ الرشح بالماء من شبكة

الصرف من أسفل إلى أعلى حتى يمكن طرد الهواء من مسام الزايط والرمل على أن يكون ذلك بالبطيء الكافي لعدم إثارة طبقة الرمال .

٢ - فترة الانضاج أو الاعداد (Ripening Period) :

نظراً لأن المسام التي توجد في طبقة الرمل تكبر عن حجم المواد الغروية العالقة فأنة من المحتمل أن تمر المياه في المرشح لتخرج وقد علق بها بعض هذه المواد . مما يقلل من كفاءة الترشيح - لذلك وجد أن أنسب طريقة لتلافى هذا هو عدم جمع المياه الخارجة من المرشح لفترة بعد بدء تشغياله وى خلال هذه الفترة تتكون على سطح الرمل طبقة هلامية جيلاتينية مكونة من المواد الغروية الدقيقة التي حجزت على سطح الرمل وكذلك من بعض الطحالب والكائنات الحية الدقيقة وبمضي الوقت نجد أن شفاقية الماء الخارج من المرشح تأخذ في التحسن نظراً لضييق مسام الطبقة العليا من الرمل الناتج من تجمع هذه المواد فيها - عندئذ يمكن تجميع المياه الخارجة من المرشح واستعمالها .

هذه العملية تعرف بفترة « اعداد أو تخفير أو انضاج المرشح » (Ripening Period) أما الطبقة الهلامية المتجمعة على الطبقة العليا من الرمل وى مسامها فتسمى (Dirty Skin) وهى فى الحقيقة الطبقة الفعالة التي يعتمد عليها فى عملية الترشيح والحصول على مياه رائقة . إذ أنها الطبقة التي يحجز بقية المواد العالقة دون أن تتوغل داخل جسم المرشح . وفترة الانضاج تستمر مدة تتراوح بين أسبوعين وأسابيع و يتوقف ذلك على كمية المواد العالقة فى الماء وعلى سرعة أو معدل الترشيح .

- فترة الترشيح (Filtration period) :

وهذه تبدأ مباشرة بعد انتهاء فترة الانضاج وفيها يمر الماء في المرشح من رمل إلى الزلط بمعدل ثابت من ٣ إلى ٥ متر مكعب لكل متر مسطح في اليوم (٢٤ ساعة).

ويتم التحكم في معدل الترشيح بواسطة أجهزة خاصة تسمى منظمات سرعة الترشيح (Rate Controllers)

وعند بدء عملية الترشيح بل عند بدء عملية الانضاج يكون الفاقد في الماء خلال المرشح (Loss of head) حوالي ٣٠ ثلاثين سنتيمتراً ، إلا أنه يأخذ في الازدياد . نظراً لانسداد مسام الطبقة العليا بالترشح بها مخزوه بمواد غروية عالقة - فإذا ما وصل هذا الفاقد إلى الحد الأقصى المسموح به (١٢٠) مائة وعشرين سنتيمتراً . وجب قفل المرشح استعداداً لتنظيفه ، إن كان إعادة استعماله ثانياً .

ومدة الترشيح تستمر فترة تتراوح بين سنة أشهر واثني عشر شهراً بتوقف طولها على معدل الترشيح وكية المواد العالقة في الماء - إلا أنه بمرعاة انتظام معدل الترشيح طول هذه الفترة . إذ أن عدم انتظام معدل ترشيح قد يتسبب في تشقق سطح الطبقة الحلامية المعول عليها في الترشيح نتيجة لهذا التشقق تمر المياه إلى داخل طبقة الرمل ومن ثم إلى خارج المرشح لتعلق بها بعض المواد الغروية والبكتيريا .

- عملية الغسيل (Washing process) :

وهذه تبدأ عند وصول فاقد عامود ضغط الماء في المرشح مائة وعشرين

سنتيمتر - والبدء في عملية التنظيف بقفل المحبس المأخوذ - الرش على أن يترك محبس المخرج مفتوحاً حتى يصبى الماء من المرشح .

ولما كانت أغلب المواد العالقة تجمز على سطح الرمل دون أن تنوغل إلى داحنه أكثر من سنتيمترات معدودة فإن تنظيف المرشح يتم بكشط طبقة من الرمل يتراوح سمكها من ٢ إلى ٥ سنتيمترات فتظهر طبقة جديدة نظيفة من الرمل يمكن الاعتماد عليها في الترشيح .

وتتكرر هذه العملية كما ذكر قبل مرة كل ستة أشهر أو أكثر وبذلك يأخذ ارتفاع الرمل في الرش في النقصان حتى يصل إلى أقل ارتفاع ممكن وهو خمسة وأربعين سنتيمتراً وعندئذ يجب إزالة جميع الرمال وتجديد بناء المرشح - ومن ذلك يتضح أن عملية تجديد المرشح وإضافة رمل إليه تحدث مرة كل عدة سنوات - وفي الحقيقة لا يضاف إلى المرشح رمل جديد - بل أن الرمل الذي يكشط أثناء عملية التنظيف يجمع ويوصل وينتزن في انتظار إعادته إلى المرشح عند إعادة بنائه عندما يصل عمق الرمل فيه إلى خمسة وأربعين سنتيمتراً .

الأسس الرئيسية لتصميم المرشحات الرماية البطيئة :

- ١ - معدل الترشيح من ثلاثة إلى خمسة متر مكعب / متر - سطح / يوم
- ٢ - تقدم المساحة الكلية إلى مرشحات منفصلة . مساحة كل مرشح تتراوح بين ١٠٠٠ - ٢٠٠٠ متر - سطح .
- ٣ - يزداد عدد المرشحات بحيث تغطي المحطة التصريف المطلوب بالرغم من تعطل مرشح أو أكثر أثناء عملية الغسيل .
- ٤ - يفضل بناء المرشحات مغطاة وذلك لحجز الضوء عن الماء لعدم تشجيع نمو الطحالب في المياه أثناء الترشيح .

مثال : المطلوب إيجاد المقاسات الرئيسية للمرشحات الرملية البطينة التي
تخدم مدينة تعدادها مائة ألف نسمة إذا كان معدل الاستهلاك
التصميمي لموحدات التنقية هو ١٥٠ لتر / شخص / يوم .

الحـسـبـل : التصرف الاجمالي = 100000×150 لتر / يوم
 $= 15000$ متر مكعب يوميا

فإذا كان معدل الترشيح ٥ متر مكعب المتر المسطح في اليوم .
∴ المساحة المطلوبة = $15000 \div 5 = 3000$ متر مسطح
وتقسم هذه المساحة إلى ثلاثة مرشحات كل منها ١٠٠٠ متر مربع
على أن يبني مرشح رابع احتياطي يعمل عن توقف أو تنظيف
أحد هذه المرشحات .

شبكات صرف المرشح (Under drainage systems) :

وهذه توجد على قاع المرشح تحت طبقة الزلط ، الغرض مما تجمع
المياه المرشحة - وهنالك عدة أنواع لهذه الشبكات :

١ - بلاطات من الخرسانة المكونة من الزلط والأخمنت بنسبة ١٢ : ١
(Cement and gravel slab) وهي ما تسمى أحيانا بالقاع
الكاذب (false bottom) وتنفذ المياه خلال مسام هذا القاع
الكاذب إلى فراغ في أسفله بينه وبين القاع الحقيقي للمرشح -
ومنه إلى مخرج المياه المرشحة .

٢ - شبكة من المواسير الدائرية أو النصف دائرية المقطع العرضي على
أن تكون هذه المواسير مفتوحة الوصلات لتدخل منها المياه
إلى هذه المواسير - وجميع هذه المواسير تصب في ماسورة رئيسية
(شكل ٩ - ١) على أن يراعى الأسس الآتية عند التصميم لهذه
المواسير :

١ - المسافة بين المواسير الفرعية يتراوح بين ثلاثة وستة مترات

٢ - سرعة المياه في المواسير الفرعية يتراوح بين ١٠ . ٢٠
سنتيمتر / ثانية .

٣ - سرعة المياه في المواسير الرئيسية تتراوح بين ٢٠ . ٣٠
سنتيمتر / ثانية .

٤ - تركيب ماسورة تهوية في نهاية الماسورة الرئيسية بغرض
تصريف الهواء من شبكة الصرف وكذلك تهوية ناع
المرشح في فترات التنظيف .

الصمامات والأجهزة الملحقة بالمرشح :

يجب أن يزود كل مرشح بالأجهزة الآتية ضماناً لحسن الإدارة والتشغيل :

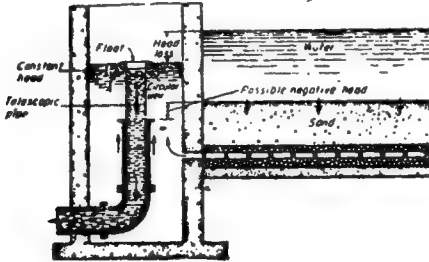
١ - صمام سكبنة عند المدخل للتحكم في الماء الداخل إلى المرشح .
٢ - صمام عوامة على مدخل المرشح ، والغرض منه التحكم في منسوب
المياه في المرشح حتى لا يزيد عن منسوب معين - وفي هذا الصمام
يتحرك جهاز قفل وفتح المحدث بواسطة عوامة تطفو على سطح الماء
فيبقى الماء على منسوب ثابت .

٣ - صمام عند المخرج للتحكم في توجيه المياه الخارجة من المرشح .
أما إلى الفائض (waste) أثناء عملية اعداد المرشح أو إلى خزان
المياه المرشحة أثناء عملية الترشيح .

٤ - منظم لمعدل الترشيح (Rate controller) - وهناك أكثر من
نوع لهذه المنظمات .

وأبسط طريقة للتحكم بمعدل الترشيح هو أن يخرج الماء من المرشح
إلى ما يسمى بئر التوازن وهو عبارة عن حجرة يحوار المرشح (شكل رقم

٩ - ٢) تدخل المياه إليها من القناع - وتخرج منها عن طريق ماسورة رأسية تنزل داخلها ماسورة أخرى متصلة بعوامة أو أكثر ترتفع وتنخفض مع سطح الماء في بئر التوازن (Telescopic pipe) وبذلك تبقى فوهة الماسورة المتصلة بالعوامة على مسافة ثابتة من منسوب المياه ومن ثم يبقى كمية المياه التي تدخل هذه الماسورة دون تغيير - وفي هذا النوع من المنظمات يمكن تغيير معدل الترشيح بتغيير المسافة بين العوامات وفوهة الماسورة المتزايدة.



(شكل ٩ - ٢)

٥ - جهاز قياسي فاقد عامود الضغط أثناء الترشيح .

كفاءة التنقية بالمرشحات الرملية البطيئة

تتمايز هذه المرشحات الرملية البطيئة بالكفاءة العالية في إزالة الشوائب من الماء فيمقارنة صفات الماء الداخلة إليها (Influent) والخارجة منها Effluent نجد أن نسبة إزالة الشوائب كالآتي :

- ١ - إزالة العكارة ١٠٠٪ .
- ٢ - إزالة من البكتيريا ٨٩ - ٩٩٪ .
- ٣ - إزالة الآتون ٢٠ - ٣٠٪ .

٤ - ازالة مركبات الحديد ٦٠ %

إلا أن هذه المرشحات لها من العيوب ما يأتي :

١ - بطء معدل الترشيح مما يزيد في المساحة اللازمة .

٢ - لا تعطي كفاءة عالية إذا زادت العكارة في الماء عن ٥٠ جزء في المليون .

المرشحات الرملية المريعة (بالجاذبية الطبيعية)

يتكون المرشح الرمل من حوض من مادة صماء من الخرسانة أو الصاب أو الطوب أو دتش بالمونة - وفي قاع الحوض توجد شبكة من المواسير الفرض منها صرف المياه من المرشح - تعاو هذه الشبكة طبقة من ال: لط بارتفاع يتراوح بين ٤٥ ، ٥٠ سنتيمتر - ثم طبقة من الرمل بارتفاع يتراوح بين ٦٠ ، ٧٥ سنتيمتر - أما عمق المياه في المرشح فيبلغ حوالى ١٥٠ سنتيمتر فوق سطح الرمل - وترتفع حافة الحوض حوالى ٥٠ سنتيمتر عن سطح الماء (free board) (شكل ٩ - ٣) . وبذلك يكون العمق الكلى للمرشح ما بين ٣ و ٣,٧٥ مترأ .

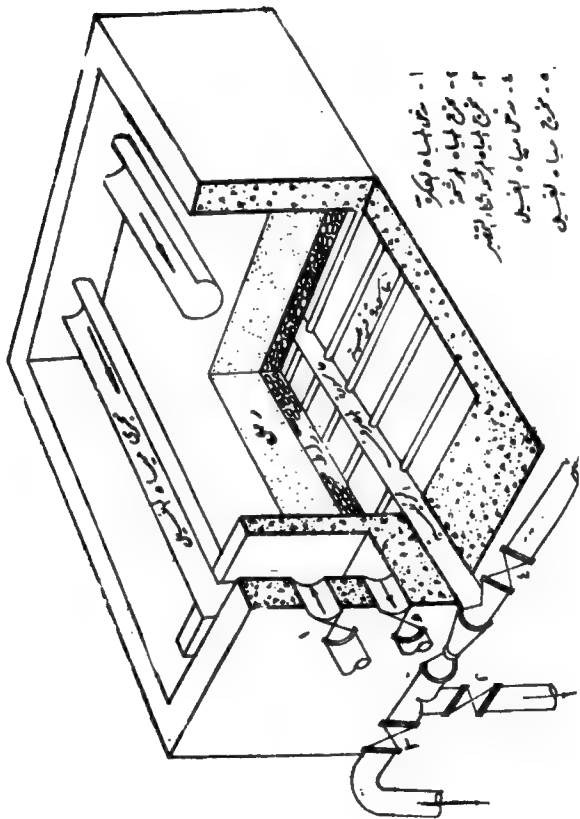
خطوات تشغيل المرشح

١ - بدء تشغيل المرشح (Starting the Filter) :

عند بدء التشغيل لأول مرة يجب أن يملأ المرشح بالماء ببطء من شبكة الصرف من أسفل إلى أعلى ببطء وذلك حتى يطارد الماء أثناء ارتفاعه في مسام الزلط والرمل ما يوجد في هذه المسام من هواء ومع ملاحظة عدم اثاره سطح الرمل .

٢ - فترة الانضاج أو الإعداد (Ripening Period) :

وأسوة بالمرشح الرملى البطيء ولنفس الأسباب التى ذكرت في تشغيل المرشح الرملى البطيء - وأنه يحسن عدم جمع المياه الخارجة من المرشح



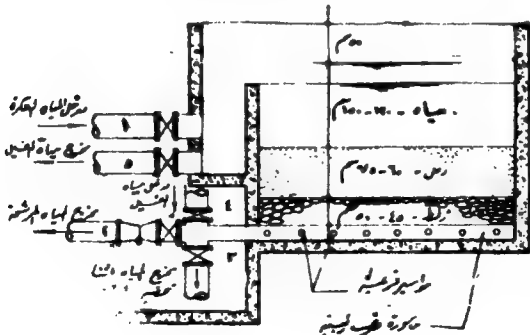
شکل (۳-۹)

لفترة بعد بدء تشغيله وفي خلال هذه الفترة تتكون على سطح الرمل طبقة هلامية جيلاتينية مكونة من المواد الغروية والذئف الدقيقة التي لم ترسب في أحواض الترويق و نتيجة لتجمع هذه الطبقة الهلامية على سطح الرمل . فان شفافية الماء الخارج من المرشح تأخذ في التحسن ، نظراً لصيق مسام الطاقة العليا من الرمل وعندئذ يمكن تجميع المياه من المرشح واستعمالها .

هذه الفترة تسمى فترة الانضاج أو الإعداد وهي تستمر في حالة المرشح الرمل السريـع فترة تتراوح بين عشرة دقائق وخمسة عشر دقيقة ، ويتوقف ذلك على صفات المياه وما فيها من ندف وعلى معدل الترشيح .

٣ - فترة الترشيح (Filtration Period) :

وهذه تبدأ مباشرة بعد انتهاء فترة الانضاج . وفيها يمر الماء خلال المرشح بمعدل ثابت يتراوح بين (١٢٠) مائة وعشرين و (١٨٠) مائة وثمانون متراً مكعباً للتر المسطح في اليوم ، هذا المعدل يجب أن يحفظ ثابتاً فترة الترشيح ضمناً لحسـودة وكفاءة الترشيح ويتم ذلك عن طريق منظمات خاصة (Rate Controllers) (توضع على مخرج المياه من المرشح . (شكل ٩ - ٤)



وعند بدء عملية الترشيع يكون الفاقد في ضغط الماء خلال المرشح (loss of Head) حوالى خمسون سنتيمتراً. إلا أنه يأخذ في الإزدياد نظراً لامتداد مسام الطبقة العليا للمرشح بما تحجزه من المواد الغروية العالقة بالماء - فاذا وصل هذا الفاقد إلى الحد الأقصى المسموح به وهو يتراوح من ١.٢٥ إلى ١.٧٥ متر وجب قفل المرشح استعداداً لتنظيفه .

ومدة الترشيع (Filter run) أى الفترة بين عمليتي غسيل متتاليتين تتراوح ما بين اثني عشر ساعة وستة وثلاثين ساعة - ويتوقف طولها على معدل الترشيع وكمية المواد العالقة في الماء ، وكذلك على حجم حبيبات الرمل إلا أنه يجب مراعاة انتظام معدل الترشيع طول هذه الفترة إذ أن عدم انتظام معدل الترشيع قد يؤدي إلى تشقق في جسم الرمل بالمرشح ، مما يسبب بدوره هروب المياه خلال هذه الشقوق إلى الزلط مباشرة دون أن يحجز منها ما عاق بها من شوائب .

٤ - عملية الغسيل (Washing Process) :

وهذه تبدأ عند وصول فاقد عامود ضغط الماء في المرشح إلى أقصاه وهو المتوسط حوالى متر ونصف .
وتتم هذه العملية على عدة خطوات :

(أ) يقفل المحبس المغنتى للمرشح - على أن يترك محبس المخرج مفتوحاً - حتى يصير مذبذب الماء في المرشح أعلى من سطح الرمل بحوالى عشرين سنتيمتراً .

(ب) يفتح صمام تغذية المرشح بماء الغسيل ومن ثم يندفع الماء من أسفل^٣ إلى أعلى في شبكة صرف المرشح ثم في طبقة الزلط ثم في طبقة الرمل - وفي نفس الوقت يفتح صمام مخرج مياه الغسيل - على أن (٢٠)

يكون مروا المياه من أسفل إلى أعلى بمعدل ثابت يتراوح من ٧٢٠ إلى ١٢٠٠ متر مكعب للمتر المسطح في اليوم أى أن سرعة المياه إلى أعلى في القطاع الأفقى للمرشح يتراوح من ٥٠ إلى ٨٠ سنتيمتر / الدقيقة .

نتيجة لهذا تتفكك طبقة الرمل عن بعضها ويتمدد حجمها الكلى ايضاً بارتفاعها من ٧٥ - ١٠٠ سنتيمتر وتتحرك حبيبات الرمل في الماء المساعد عنكة ببعضها نافضة عن سطحها ما عاق بها من شوائب أثناء عملية الترشيع هذه الشوائب تخرج مع المياه إلى مجرى الغسيل (Wash water gutter) ومنها إلى صمام المخرج . وتستمر عملية الغسيل هذه مدة تتراوح ما بين عشرة وخمسة عشر دقيقة .

العوامل المؤثرة على مدى تحدد الحجم الكلى للرمل :

وبلاحظ أنه نتيجة لتفكك حبيبات الرمل عن بعضها يتمدد الحجم الكلى للرمل ليصل ارتفاعه إلى حوالى ٧٥ - ١٠٠ سنتيمتر - ويتوقف مقدار هذا التمدد على :

- ١ - حجم حبيبات الرمل .
- ٢ - الوزن النوعى لحبيبات الرمل .
- ٣ - سرعة المياه إلى أعلى - فكلما زادت ارتفاع سطح الرمل أثناء الغسيل .
- ٤ - درجة حرارة المياه - فكلما زادت درجة الحرارة - قلت قلرة المياه على تفكيك حبيبات الرمل عن بعضها لذلك يلاحظ أن معدل مياه الغسيل يزداد في الصيف عنه في الشتاء للحصول على نفس النتائج .

وبذلك وبالإشارة إلى شكل (٩ - ٣ ، ٩ - ٤) تلخص خطوات تشغيل المرشح إلى :

- ١ - فترة الانضاج أو الإعداد : ويفتح الصمام رقم ١ ، الصمام رقم ٣ فتمر المياه من أعلى إلى أسفل في المرشح ومنه إلى المصرف لمدة عشرة دقائق .
 - ٢ - فترة الترشيح : ويفتح فيها الصمام رقم ١ والصمام رقم ٢ لتمر المياه من أعلى إلى أسفل في المرشح ومنه إلى خزان المياه المرشحة .
 - ٣ - فترة الغسيل : ويفتح الصمام رقم ٤ والصمام رقم ٥ لتمر المياه من أسفل إلى أعلى في المرشح ومنه إلى مجرى مياه الغسيل إلى المصرف .
- وتتكرر دورة تشغيل المرشح (الثلاثة خطوات السابقة) مرة كل أربعة وعشرين ساعة في المتوسط وقد تقصر إلى اثني عشر ساعة في الأوقات التي تكثر فيها المواد العالقة أو الطحالب - وقد تطول إلى ستة وثلاثين ساعة أو أكثر عندما تكون المياه قليلة الطحالب والمواد الغروية العالقة .

الأسس الرئيسية لتصميم المرشحات الرملية السريعة :

- ١ - تصميم المرشحات لتنقية كمية من المياه تساوى المتوسط الصبغى للاستهلاك الميساه في المدينة وهو يساوى ما بين ١٤٠ ٪ إلى ١٦٠ ٪ من المتوسط السنوى للاستهلاك .
- ٢ - معدل الترشيح = ١٢٠ - ١٨٠ متر مكعب / متر مبطح / يوم وبذلك تكون مساحة الكلية للمرشحات $A = \frac{Q}{R}$ حيث Q = التصريف الكلى للمرشحات اليوم R = معدل الترشيح ويساوى ١٢٠ - ١٨٠ متر مكعب / متر مربع / يوم .

٣ - تقسم المساحة الكلية للمرشحات إلى مساحات صغيرة كل منها حوالي خمسين متراً مربعاً - وذلك لضمان مرونة التشغيل مع وجود عدد من المرشحات دون عمل لتنظيفها أو اصلاحها .

كما يمكن تقدير عدد هذه المساحات من المعادلة الافتراضية :

$$N = 0.044 \sqrt{Q}$$

حيث N = عدد المرشحات

Q = التصريف الكلي لمخطة التنقية مقدراً بالمتر المكعب في اليوم

٤ - يزداد عدد المرشحات المقطرة بالمعادلة السابقة بعدد آخر من المرشحات كاحتياطي عند توقف أى مرشح للتنظيف أو الإصلاح .

٥ - معدل الغسيل = $720 - 1200$ متر مكعب / متر مربع / يوم
 $500 - 800$ لتر / متر مربع / دقيقة

أى أن سرعة المياه في جسم المرشح من أسفل إلى أعلى تتراوح من ٥٠ إلى ٨٠ سنتيمتراً / الدقيقة . (٦٥ سم في المتوسط) .

مات : المطاوب إيجاد المتناسبات الرئيسية للمرشحات الرماية السريعة التي نخدم مدينة تعدادها خمسمائة ألف. نسبة إذا كان معدل الاستهلاك التصميمي لوحدات التنقية هو ١٨٠ لتر / شخص / يوم .

الحل : التصريف الإجمالي = $180 \times 500000 = 90000$ متر مكعب يومياً

فاذا كان معدل الترشيح = ١٥٠ متر مكعب / المتر المسطح / يوم

.. المساحة المطاوبة = $\frac{90000}{150} = 600$ متر مربع

.. عدد المرشحات = $0.044 \times \sqrt{90000}$

= $0.044 \times 300 = 13.2$

وبذلك تكون مساحة المرشح الواحد = $1\frac{1}{4} = 1.25$ متر مربع .
وطول كل مرشح = ٨ متر وعرض المرشح = ٦.٢٥ متر
يضاف إلى ذلك مرشحين احتياطى بنفس المقاسات - وبذلك يكون
العدد الكلى للمرشحات أربعة عشر مرشحا .

١- شبكات صرف الرشح Under drains

والغرض من هذه الشبكة :

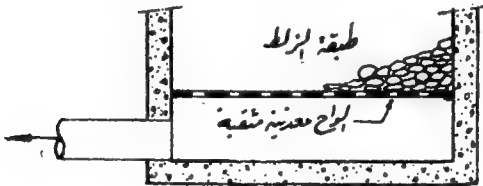
١ - تجميع المياه المرشحة بعد مرورها خلال طبقتى الرمل والزلط .

٢ - توزيع مياه الفيض بانتظام في اتجاه المرشح .

وهناك عدة أنواع لهذه الشبكات :

١ - استعمال ألواح معدنية مثقبة (Perforate plates) توضع تحت

طبقة الزلط فتتجمع المياه في الفراغ أسفلها ومنه إلى المخرج إلا
أن هذه الطريقة لا تسعمل بكثرة حالياً . (شكل ٩ - ٥)

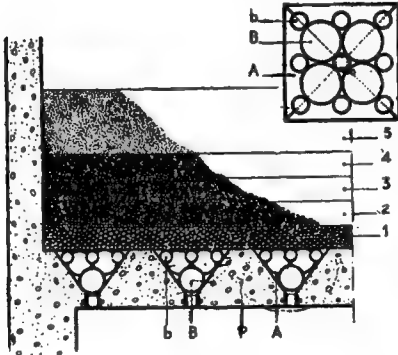


شكل ٩ - ٥

٢ - شبكة من المصراع الخشبية (Wooden grid) - وهي لا تستعمل بكثرة حالياً نظراً لما تحتاجه من صيانة .

٣ - أرضية هويلر (Wheeler filter bottom) :

وهذه تتكون من بلاطات خرسانية بسنمت ١٨ سنتيمتر ومشكل فيها فتحات على شكل أهرامات مقلوبة (شكل ٩-٦) وهذه الأهرامات تملأ بكرات من الخزف يتراوح قطرها من ٣ إلى ٨ سنتيمترات وتوضع بحيث تكون الفراغات فيما بينها أقل ما يمكن . ويرأس كل هرم فتحة تؤدي إلى فراغ أسفل الأرضية ومنه إلى مخرج المياه المرشحة .

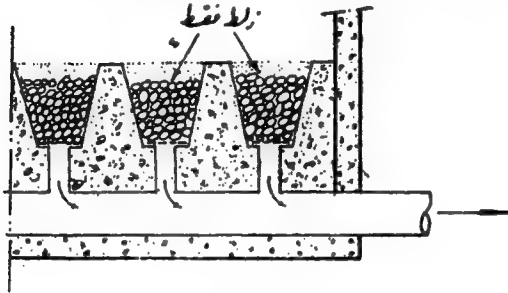


شكل رقم ٩-٦

٤ - الأرضية ذات الحطوط (Ridge & Vally Bottom) :

وتتكون هذه الأرضيات من كرات ذات قطاع خاص (شكل ٩-٧) توضع على مسافة من ٢٠ إلى ٣٠ سنتيمتراً مكونة فيما بينها أحاديث - وعلى

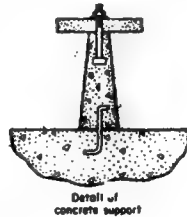
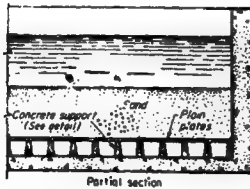
ارتفاع عشرة سنتيمترات من قاع الأخدود وتوضع شبكة نحاسية تعمل كحامل للزلط وتقر منها المياه إلى فراغ أسفل الأرضية ومنه إلى مخرج المياه المرشحة .



شكل ٧-٩

٥ - الأرضية المسامية (Popou plate Bottom) :

وفي هذه الحالة تصنع أرضية المرشح على هيئة بلاطات مربعة ٥٠ × ٥٠ سنتيمتر من مادة مسامية يرتكز عليها الرمل مباشرة - أى أنه يستغنى عن الزراط في هذه الحالة - وتقر المياه المرشحة إلى الفراغ أسفل الطبقة المسامية

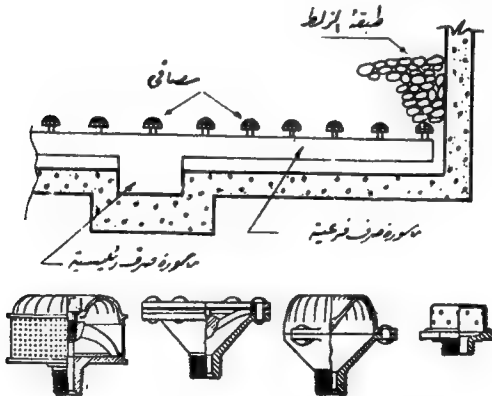


شكل رقم ٧-٩

ومنه إلى خارج المرشح (شكل ٩-٧).

٦ - المواسير ذات المصافي (Pipe & strainer system) :

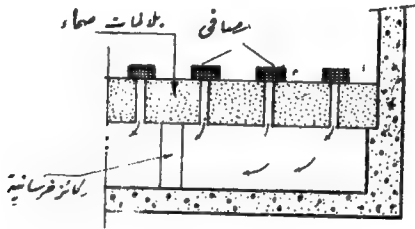
وهي عبارة عن شبكة من المواسير الفرعية مثبتة موازية لبعضها لتصب في ماسورة رئيسية ومثبت في السطح العلوي للمواسير مصافي دقيقة الثقوب من النحاس أو البلاستيك تنفذ منها المياه إلى المواسير الفرعية فالماسورة الرئيسية ومنها إلى خارج المرشح (شكل ٩-٨) وفي هذه الحالة يمكن اختصار طبقة الزلط إلى ثلاثين سنتيمتراً.



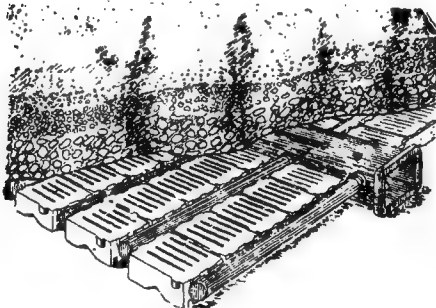
شكل رقم ٩-٨ أنواع المصافي

٧ - المصافي المثبتة في قاع المرشح (False bottom with strainers) :

وفي هذه الطريقة تثبت المصافي في بلاطات ترتكز عليها طبقة حوالى ثلاثين سنتيمتر آمن الزلط يعلوها طبقة الرمل . شكل ٩ - ٩
وتنفذ المياه من هذه المصافي إلى فراغ أسفل البلاطات وده إلى مخرج المياه المرشحة .



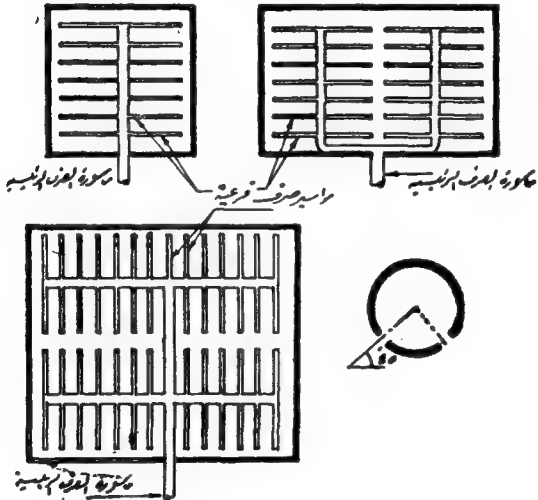
شكل ٩ - ٩



شكل رقم ٩ - ١١٠

٨ - شبكة المواسير المثقبة (Perforated pipe underdrains) :

هي أكثر الطرق استعمالا - وهي عبارة عن مواسير فرعية مثقبة (laterals) مثبتة موازية لبعضها لتصب في ماسورة رئيسية (Manifold) وتتمتع المواسير الفرعية دائرية القطاع من الحديد الزهر أو الاسبستوس الأسمنتي



شكل رقم ٩ - ١٠ ب

أما الماسورة الرئيسية فتصنع من الحديد الزهر أو الخرسانة وعادة ما تكون مستطيلة القطاع العرضي (شكل رقم ٩ - ١٠) .

ويلاحظ أن الثقوب في المواسير الفرعية لا توضع في الراسم العاوى للماسورة بل توضع بحيث يكون الخط الواصل من الثقب إلى مركز قطاع الماسورة مائلا على الأفقى بزاوية ٤٥° - (شكل ٩ - ١٠) وذلك حتى لا يندفع الماء من الثقب رأسياً إلى أعلى مما قد يسبب اضطراباً في طبقة الزراط بل يندفع إلى أسفل ثم ينعكس على أرضية المرشح إلى اعلا بانتظام في المقطع الأفقى الكامل للمرشح - كما أن هذا الوضع يمنع احتمال دخول الرمل إلى داخل شبكة المواسير .

أسس تصميم شبكات المواسير المثقبة لصرف المرشحات :

- ١ - قطر الثقوب من $\frac{1}{4}$ إلى $\frac{1}{2}$ بوصة .
- ٢ - المسافة بين الثقوب ٨ إلى ٢٤ سنتيمتراً (من ٣ إلى ٨ بوصة) .
- ٣ -
$$\frac{\text{مجموع مساحة الثقوب على الماسورة الفرعية}}{\text{مساحة مقطع الماسورة الفرعية}} = \frac{1}{4} - \frac{1}{2}$$
- ٤ -
$$\frac{\text{طول الماسورة الفرعية}}{\text{قطر الماسورة الفرعية}} \text{ لا يزيد عن } ٦٠$$
- ٥ -
$$\frac{\text{المساحة الكلية للثقوب}}{\text{مساحة المرشح الأفقية}} = ٠,٠٠١٤ \text{ --- } ٠,٠٠٢١$$
- ٦ - المسافة ما بين المواسير الفرعية تتراوح من ١٥ إلى ٣٠ سنتيمتراً .
- ٧ -
$$\frac{\text{مساحة مقطع الماسورة الرئيسية}}{\text{مجموع مساحات المواسير الفرعية المغذية للماسورة الرئيسية}} = ١,٠ - ٢$$

٨ - سرعة المياه في الماسورة الرئيسية والمواسير الفرعية تختلف من ١.٢٥ متر ثانية إلى ٣.٥ متر/ثانية أثناء الغسيل .

أما السرعة في المواسير المغذية للمرشح أو الخارجة منه فهي :

١ - السرعة في الماسورة المغذية للمرشح بالماء من حوض الترويب

(Coagulated water vel) يجب ألا تتجاوز خمسين سنتيمتر/

الثانية والا تكسرت التلوث إلى جزئيات دقيقة وربما نفذت خلال

رمل المرشح .

٢ - السرعة في ماسورة ماء الغسيل (wash water voelocity)

تتراوح بين ١.٧٥ - ٢.٥٠ متر الثانية .

٣ - السرعة في ماسورة الماء المرشح (filtered water velocity)

تتراوح بين ١ - ٢ متر/ثانية .

مثال : في مرشح رمل سريع تصرفه الاجمالي ٦٢٥٠ متر ٣/ يوم

المطلوب تصميم شبكات صرف المرشح من النوع المواسير المعلقة .

الحل :

التصرف الاجمالي للمرشح = ٦٢٥٠ متر مكعب / يوم

معدل الترشيح = ١٢٥ متر ٣ / ٢ متر / يوم

مساحة كل مرشح = $\frac{6250}{125} = 50$ متر 8×6.25 متر

(٢) عدد وأقطار الثقوب :

المساحة الكلية للثقوب = $0.0014 - 0.0021$ من مساحة المرشح

$0.0020 \times 50 = 0.10$ متر مربع

1000 سم^٢

فاذا فرضنا قطر الثقوب يساوي $\frac{1}{8}$ بوصة أى ١ سم

٠٠ . مساحة الثقب الواحد = ٠,٨ سم^٢

٠٠ . عدد الثقوب = $\frac{١٠٠٠}{٠,٨} = ١٢٥٠$ ثقب

٠٠ . كل ثقب يخدم مساحة = $\frac{١٠٠ \times ١٠٠ \times ٥٠}{١٢٥٠} = ٤٠٠$ سم^٢

وبذلك يمكن اختبار الثقوب على مسافة ٢٠ سم في اتجاه الطول للمواسير الفرعية ووضع المواسير الفرعية على مسافة ٢٠ سم من بعضها كمثلث وهذا مطابق للمواصفات السابقة التي تنص على أن المسافة بين الثقوب على الماسورة من ٨ إلى ٢٤ سنتيمتراً والمسافة بين المواسير من ١٥ إلى ٣٠ سنتيمتراً .

(ب) المواسير الفرعية : (Laterals)

عدد المواسير الفرعية على كل جانب من جوانب الماسورة الرئيسية

= $\frac{٦٢٥}{٢٠} = ٣١$ ماسورة وطول كل منها ٤ مترات . والعدد الكلي

للمواسير الفرعية = ٦٢

ولذلك يكون عدد الثقوب على كل ماسورة = $\frac{١٢٥٠}{٦٢} = ٢٠$

والمسافة بين كل ثقبين = ٢٠ سم

٠٠ . المساحة الكلية للثقوب على الماسورة الفرعية الواحدة =

$٠,٨ \times ٢٠ = ١٦$ سم^٢

٠٠ . مساحة مقطع الماسورة الفرعية = ٢ — ٤ أضعاف مساحة

الثقوب التي تقدمها

وباختيار قطر الماسورة = ٣ يتحقق هذا الشرط .

كما يتحقق الشرط الذي ينص على أن طول الماسورة الفرعية لا يتجاوز ستين ضعفاً لقطرها .

(ج) الماسورة الرئيسية (Manifold) :

تنص المواصفات على :

$$٢ - ١,٧ = \frac{\text{مساحة مقطع الماسورة الرئيسية}}{\text{مجموع مساحات المواسير الفرعية المغذية لها}}$$

$$٢ \text{ سم} = \frac{٣,١٤ \times ٧,٥ \times ٧,٥}{٤} = \text{مساحة الماسورة الفرعية الواحدة}$$

$$٦٢ = \text{عدد المواسير الفرعية المغذية للماسورة الرئيسية}$$

$$٤٥٠٠ \text{ سم} = ٤٣ \times ٦٢ \times ١,٧ = \text{مساحة مقطع الماسورة الرئيسية}$$

وبذلك يمكن اختيار مقطع مستطيل لهذه الماسورة

$$\text{ومقاساته : الطول} = ٧٥ \text{ سم العرض} = ٦٠ \text{ سم}$$

(١) المواسير الخارجية التي تغذى أو تصرف المرشح :

$$١ - \text{ماسورة تغذية المرشح بالمياه المروقة} :$$

السرعة لا تزيد عن ٥٠ سم/ثانية

$$\text{تصرف المرشح} = ٦٢٥٠ \text{ متر}^٣ / \text{يوم}$$

$$= ٠,٧٢٥ \text{ متر}^٣ / \text{ثانية}$$

$$١٤٥٠ \text{ سم} = \frac{٧٢٥٠}{٥٠} = \text{مساحة المقطع}$$

$$١٧ - \text{بوصة} = ٤٣ \text{ سم} = \text{نختار ماسورة قطر}$$

$$٢ - \text{ماسورة مياه الغسيل}$$

$$\text{مدخل مياه الغسيل} = ٥٠٠ - ٨٠٠ \text{ لتر/متر}^٣ / \text{دقيقة} (٦٠٠)$$

في المتوسط

$$\text{مساحة المرشح} = ٥٠ \text{ متر مربع}$$

$$٦٠٠ \times ٥٠ = ٣٠٠٠٠ \text{ لتر/دقيقة} = \text{معدل مياه الغسيل/المرشح}$$

$$= ٦٠٠ \text{ لتر / ثانية}$$

$$= ٠.٦٠ \text{ متر}^٣ / \text{ثانية}$$

السرعة في ماسورة الغسيل = ١,٧٥ — < ٢,٥ متر / الثانية

$$\dots \text{ مساحة مقطع الماسورة} = \frac{٠.٦٠٠}{٢} = ٠.٣٠ \text{ متر}^٢$$

وبذلك نختار ماسورة قطر ٢٠ سم = ٨ بوصة

٣ - ماسورة المياه المرشحة

$$\text{تصرف المرشح} = ٦٢٥٠ \text{ متر}^٣ / \text{يوم}$$

$$= ٠.٧٢٥ \text{ متر}^٣ / \text{ثانية}$$

السرعة في الماسورة = ١,٠٠ — < ٢,٠٠ متر / الثانية (١,٥ في المتوسط).

$$\dots \text{ مساحة مقطع الماسورة} = \frac{٠.٧٢٥}{١,٥} = ٠.٤٩ \text{ متر مربع}$$

\dots \text{ نختار ماسورة قطر} = ٢٥ سم = ١٠ بوصة

الزلط والرمل المستعمل في المرشح (Gravel & filter Sand) :

يجب أن يكون الزلط المستعمل في المرشح من حبات كاملة الاستدارة من مادة صلبة متينة خالية من الأتربة أو الطمي أو الرمل .

ويوضع الزلط في المرشح على طبقات بحيث أن الأكبر حجماً في القاع كما أن الارتفاع الكلي للزلط يتراوح من ٤٥ - ٦٠ سم مرتبة كالتالي :

| قطر حبات الزلط بالبوصة | عمق الطبقة |
|--------------------------------|-------------|
| ٢ - ١ | ١٥ - ٢٠ سم |
| ١ - $\frac{1}{2}$ | ٧.٥ - ١٠ سم |
| ١ - $\frac{1}{4}$ | ٧.٥ - ١٠ سم |
| $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{8}$ | ٧.٥ - ١٠ سم |
| $\frac{1}{8}$ - $\frac{1}{16}$ | ٧.٥ - ١٠ سم |

العمق الكلى = ٦٠ سم

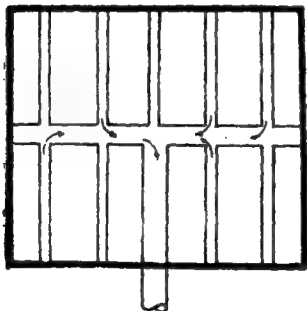
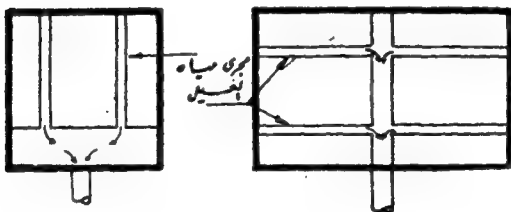
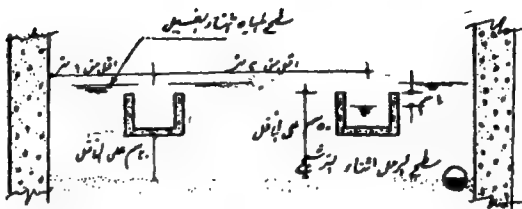
أما الرمل المستعمل فيوضع على طبقة الزلط بارتفاع يتراوح من ٢٤ بوصة (٦٠ سنتيمتر) إلى ٣٠ بوصة (خمسة وسبعون سنتيمتر) - على أن يكون بالمواصفات الآتية :

- ١ - القطر الفعال (Effective size) من ٠.٣٥ - ٠.٦٠ مم
- ٢ - معامل الانتظام (uniformity coeff) من ١.٥ - ١.٨ مم
- ٣ - خمسة وتسعين في المائة من الرمل يمر خلال منخل قطار ١.٨ مم
- ٤ - جميع الرمل يحجز على منخل قطار ٠.٦ مم أى أن جميع حبيبات الرمل تكون أكبر من ٠.٦ ملليمتر .
- ٥ - نسبة السليكا في الرمل لا تقل عن ٩٥ ٪

مجازى مياه الغسيل (Wash water Gutter) :

وهذه تستعمل في صرف مياه الغسيل الصاعدة من أسفل إلى أعلى بحملة بالرواسب التي تخلفت في المرشح أثناء عملية الترشيع - وهى عبارة عن قنوات علوية متوازية تصب في قناة رئيسية (شكل رقم ٩ - ١١) على أن يراعى في تصميم ووضع هذه القنوات بالنسبة لبعضها وبالنسبة اسطح الرمل الثمروط الآتية :

- ١ - المسافة بين محورى قناتين متوازيين لا تزيد عن مترين والغرض من ذلك هو ضمان انتظام خروج مياه الغسيل - إذ أنه في زيادة هذه



مخرج میانه بغیر

المسافة عن مترين اعاقه لخروج مياه الغسيل من الأماكن البعيدة عن القنوات مما يسبب إعادة ترسيب المواد العالقة مرة أخرى على سطح المشع .

٢ - المسافة بين قاع القناة و سطح الرمل لا تقل عن ثلاثين سنتيمتراً ،
لذا أن اقتراب قاع القناة من سطح الرمل عن هذا الحد قد
يعوق تمدد الرمل أثناء عملية الغسيل . - وبالتالي يخفض من كفاءة
عملية الغسيل .

٣ - المسافة بين حافة القناة و سطح الرمل لا تقل عن نصف متر حتى
لا يهرب الرمل مع مياه الغسيل .

٤ - سرعة مياه الغسيل في القناة لا تقل عن ٢ متر / ثانية .

٥ - المسافة بين حافة القناة و سطح المياه في القناة (free board)
أثناء عملية الغسيل حوالي عشرة سنتيمترات .

الصيانات والأجهزة الملحقة بالمرشح :

ويزود كل مرشح بالصيانات والأجهزة الآتية ضماناً لحسن التشغيل
والصيانة :

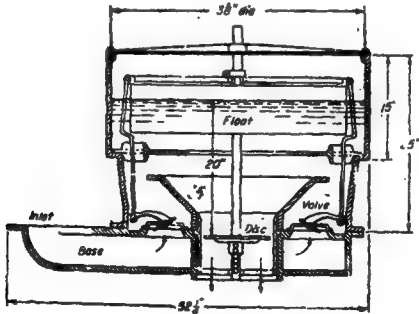
- ١ - صمام سكبينة عند المدخل للتحكم في الماء الداخل إلى المرشح .
- ٢ - صمام عوامة على مدخل المرشح . والغرض منه التحكم في منسوب
المياه في المرشح حتى لا يزيد عن منسوب معين ويتم ذلك بواسطة
عوامة تحرك جهاز قفل وفتح المحبس ليتحكم في كمية الماء الداخل
ومن ثم يبقى الماء على منسوب ثابت .

٣ - صمام سكبينة عند المخرج للتحكم في توجيه المياه الخارجة من المرشح ، أما إلى الفائض (Waste) أثناء الانصاج أو إلى خزان المياه المرشحة أثناء عملية الترشيح .

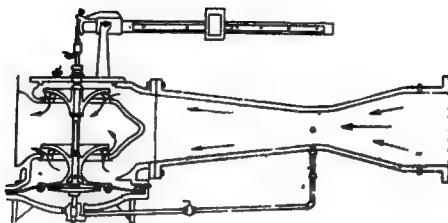
- صمام مدخل مياه الغسيل : ويفتح أثناء عملية الغسيل لتندفع منه المياه من أسفل إلى أعلى خلال المرشح فيتفكك الرمل وينفض عن حبيباته ما علق بها من شوائب أثناء عملية الترشيح فترفع هذه الشوائب مع المياه إلى مجارى مياه الغسيل ومنها إلى خارج المرشح

٥ - صمام مخرج مياه الغسيل : ويفتح أثناء عملية الغسيل لتمر هذه المياه أحملت من شوائب إلى خارج المرشح .

٦ - منظم معدل الترشيح (Rate Controller) . والغرض منه حفظ معدل ثابت للترشيح ، إذ أن في عدم انتظام الترشيح ما يسبب في إضعاف لكفاءة المرشح (شكل ٩ - ١٢ - ١٣)

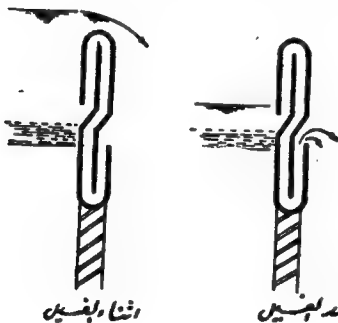


شكل ٩ - ١٢



شكل رقم ٩ - ١٣

٧ - سيفون تفريغ مياه الغسيل : لما كانت خافة قناة مياه الغسيل على ارتفاع لا يقل عن نصف متر فإنه بنهاية عملية الغسيل وقفل صمام مدخل مياه الغسيل يحتاج الأمر لتفريغ هذه المياه المجمعة فوق سطح الرمل وتحت خافة قناة مياه الغسيل (شكل ٩ - ١٤) ويستعمل لهذا الغرض السيفون المين في الشكل - الذي يقوم بإزالة هذه المياه حتى منسوب قريب جداً من سطح الرمل - وبذلك لا يسبب بقاء هذا الحجم من الماء فوق سطح الرمل في إعادة ترسيب المواد العالقة به على سطح الرمل .



شكل ٩ - ١٤

مياه الغسيل وطرق ضغطها في المرشح :

والمياه المستعملة لغسيل المرشحات يجب أن تكون مرشحة نقية . كما يجب أن تمر في شبكة صرف المرشح من أسفل إلى أعلى تحت ضغط كافٍ ليحدث التمدد والتفكك والاضطراب اللازم في الرمل حتى تتم عملية الغسيل على أكمل وجه - ولذلك فإن المصدر الوحيد لهذه المياه لابد وأن يكون المياه المرشحة والمحصنة في خزان المياه النقية .

أما طرق إعطائها الضغط الكافي في شبكات صرف المرشح فهي :

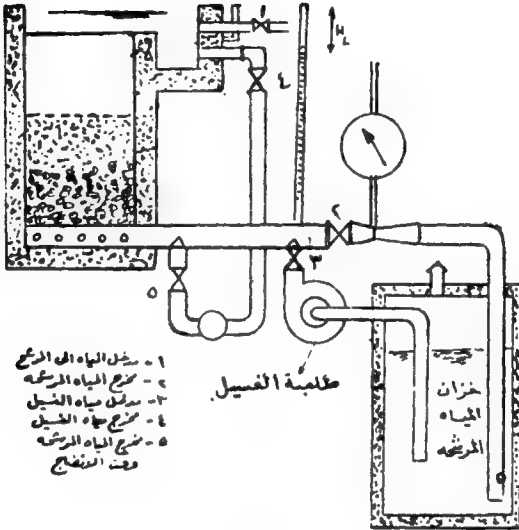
(أ) استخدام المياه الخارجة من محطة الضغط العالي كمصدر لمياه الغسيل أى توصيل صمام مدخل مياه الغسيل بشبكة توزيع المياه في المدينة -
الآن هذا له العيوب الآتية :

١ - اضطراب في تشغيل الطلمبات .

٢ - هبوط مفاجئ في الضغط في الشبكة عند غسيل المرشحات .

٣ - نظراً لارتفاع الضغط في شبكة التوزيع فإنه قد يحدث اضطراب كبير في سطح الرمل مما يسبب دروبه مع مياه النسيب - بل قد يصل هذا الضغط إلى الدرجة التي قد تسبب اضطراباً لتزلط في المرشح ولذلك يجب وضع صمام خاص لتخفيض الضغط قبل دخول المياه إلى المرشحات .

(ب) استخدام طلمبة خاصة تسحب المياه من خزان المياه المرشحة وتضخها تحت ضغط مناسب في شبكة صرف المرشح مباشرة - على أن تدار هذه الطلمبة كلما احتاج الأمر لغسيل مرشح (شكل ٩ - ١٥) .

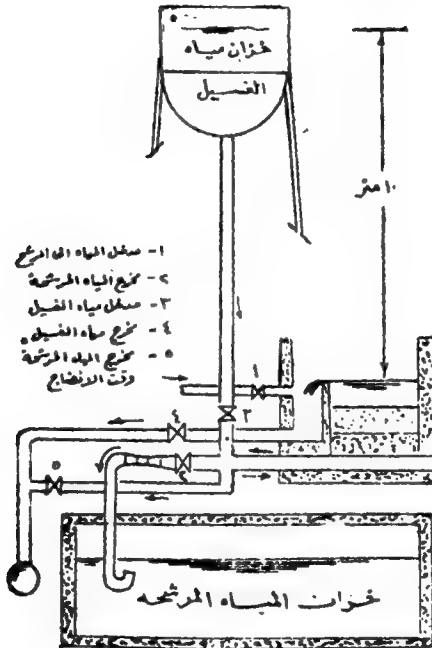


شكل ٩ - ١٥

ويجب هذه الطريقة كبر حجم هذه الطلمبة واستعمالها المنقطع واحتمال تعطيلها مما قد يوقف عملية الغسيل ، الا إذا خصص طلمبة أخرى احتياطية لهذا الغرض .

(ج) استخدام خزان بارتفاع حوالى عشرة أمتار يوضع فى محطة التنقية ، وتغذية طلمبة خاصة به تسحب المياه من خزان المياه النقية وتشغل

تلقائياً للملأ الخزان كلما هبط منسوب الماء فيه عن قدر محدد - كما يمكن مدد الخزان بالماء من شبكة الضغط العالي (شكل ٩ - ١٦).



شكل رقم ٩ - ١٦

وتمتاز هذه الطريقة - بصغر حجم الطلمبة المغذية للحزان ومرونة التشغيل وسهولته ويجب أن يكون حجم الخزاز بالسعة الكافية لتخزين الماء الكافي لغسيل مرشحين على الأقل دون تشميل الطلمبة .

مثال :

أوجد التصرف التصميمي للطلمبة اللازمة لغسيل المرشحات الرملية الدريعة التي صممت في المثال السابق وذلك في الأحوال الآتية :

(أ) إذا كانت هذه الطلمبة تضغط مياه الغسيل إلى المرشحات رأساً .

(ب) إذا كانت هذه الطلمبة ترفع المياه إلى خزان علوى خاص بعملية

التشغيل .

الحصل : بالرجوع إلى المثال السابق نجد أن مساحة المرشح الواحد خمسين (٥٠) متر مربع - ويفرض معدل مياه الغسيل ٦٠٠ لتر /متر^٢/دقيقة ويفرض أننا سنغسل مرشحين في وقت واحد نجد أن :

أ - الطلمبة تضغط المياه إلى المرشحات مباشرة :

مساحة المرشحين تحت الغسيل : $50 \times 2 = 100$ متر مسطح
ومعدل الغسيل ٦٠٠ لتر /متر^٢/دقيقة

∴ تصرف الطلمبة $= 100 \times 600 = 60000$ لتر /دقيقة

$= 60$ متر مكعب /الدقيقة

$=$ متر مكعب /الثانية

على أن تعمل الطلمبة عشرة دقائق كما احتاج الأمر لغسيل المرشحات .

ب - الطالبة ترفع المياه إلى خزان عاوى خاص بمياه الغسيل :

مساحة المرشحين تحت الغسيل : $2 \times 50 = 100$ متر^٢ سطح
معدل مياه الغسيل ٦٠٠ لتر/متر^٢/دقيقة .

فترة غسيل المرشح عشرة دقائق .

٠. التصرف الاجمالى اللازم لغسيل المرشحين

$$= 600 \times 100 \times 10 = 600000 \text{ لتر}$$

$$= 600 \text{ متر مكعب}$$

فاذا كانت طريقة تشغيل المرشحات بحيث يتم تنظيف المرشحات في المحطة خلال وردية واحدة (ثمانية ساعات) ولما كان عدد المرشحات في المحطة اثني عشر ، أمكن اختيار طالبة ذات تصرف يسمح برفع المياه اللازمة لغسيل المرشحين (٦٠٠ متر مكعب) في ١٠ ساعة .

٠. تصرف الطالبة = ٦٠٠ متر مكعب / الساعة

$$= 10 \text{ متر مكعب / الدقيقة}$$

ويلاحظ الفرق الكبير من تصرف هذه الطالبة والطالبة السابقة

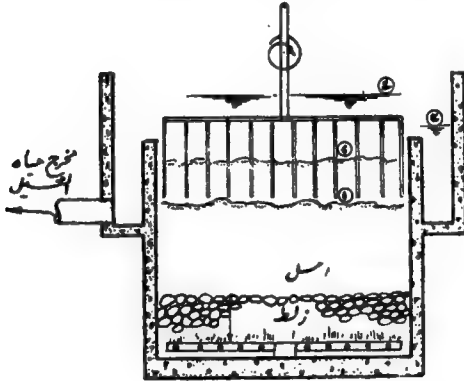
كما يلاحظ أن هذه الطالبة تعمل باستمرار لمدة وردية كاملة أما الطالبة السابقة فتعمل لمدة ساعة على الأكثر في اليوم الكامل .

الطرق المساعدة لغسيل المرشح :

لما كانت الطريقة المتبعة لغسيل المرشحات بضغط الماء من أسفل إلى أعلى في شبكات الصرف قد لا تؤدي إلى غسيل المرشح على الوجه الأكمل أو قد تؤدي إلى استهلاك كمية كبيرة من المياه في عملية الغسيل فكثيراً ما يلجأ إلى طريقة من الطرق الآتية للحصول على نتائج أحسن مع توفير في كمية المياه المستعملة .

١ - التقلب الميكانيكى للرمل (Mechanical Raking) :

ويتم هذا التقلب بواسطة أمشاط ذات أسنان حديدية تبقى أفقية بغيدة سطح طبقة الرمل أثناء عملية الترشيع ثم يعدل وضعها بحيث تتلوى رأسياً في الرمل أثناء عملية الغسيل ويدار هذا المشط بواسطة محرك كهربائى بسرعة لا تتجاوز عشرة لفات فى الدقيقة ١٤ يزيد فى اضراب وتفكك حبيبات الرمل وبالتالي زيادة فى كفاءة عملية الغسيل (شكل ٩ - ١٧) وتسمى



- ① منسوب لمرسل عند الترشيع
- ② منسوب لمرسل عند الغسيل
- ③ منسوب لمياه عند الغسيل
- ④ منسوب لمياه عند الترشيع

المرشحات التى تستعمل فيها هذه الطريقة بمرشحات جويل (Jewell) وينخفض معدل الغسيل في هذه المرشحات إلى نصف المعدل المعتاد .

ويعيب هذه الطريقة أنها لا يمكن استعمالها في المرشحات المربعة أو المستطيلة نظراً لتعذر تنظيف الأركان بالأمشاط الدوارة - ولذلك فهي لا تستعمل بكثرة حالياً بالرغم من النتائج الطيبة التى تعطيها .

ب - استعمال الهواء المضغوط (Compressed air wash) :

و يتم ذلك بتوصيل مواسير صرف المرشح بمصدر للهواء المضغوط وتم عملية الغسيل في هذه الحالة كالآتي :

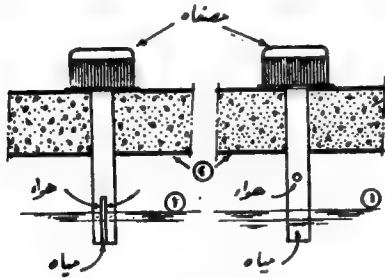
١ - بعد قفل صمام المغذى للمرشح يترك محبس خروج الماء مفتوحاً ليصير منسوب الماء أعلى من سطح الرمل بحوالى عشرين سنتيمتراً ثم يقفل صمام الخروج .

٢ - بضغط الهواء في شبكة الصرف لمدة تتراوح من ثلاثة إلى خمسة دقائق على أن يكون ضغط عند خروجه من الثقوب في شبكة الصرف من ٠,٣ — ٠,٣٥ كيلوجرام على السنتيمتر المربع (٤ - ٥ رطل على البوصة المربعة) وتتراوح كمية الهواء الحسر المستعمل ما بين ٠,٦ إلى ١,٥ متر مكعب لكل متر مربع (٢ إلى ٥ قدم مكعب لكل قدم مربع) من سطح المرشح .

ونتيجة لهذا يتخلل الهواء طبقة الرمل مجدداً فيه من التفكك والاضطراب ما يسبب تخليص حبيباته من المواد الحلامية المتصقة عليها .

٣ - بعد ثلاثة أو خمسة دقائق يقفل صمام الهواء - ثم يكل غسيل المرشح بالماء كما سبق شرحه وتمتاز هذه الطريقة بتوفير كمية المياه المستعملة

إذ يمكن خفض معدل مياه الغسيل إلى ثلثي أو نصف المعدل العادى .
والمتاد كما سبق ذكره هو ضغط الهواء فى شبكة صرف المرشح الا
أنه فى بعض الأوقات يزود المرشح بشبكة خاصة يضغط فيها الهواء
الا أنها فى كلتا الحالتين يجب مراعاة الا يضغط الهواء مع ماء الغسيل فى نفس
الوقت خشية احداث اضطراب عفيف فى الرمل بسبب هروبه مع ماء
الغسيل - وكذلك خشية احداث اضطراب فى طبقة الزلط الموجودة فى
المرشح مما يسبب امتزاج طبقتى الرمل والزلط بعضهما ببعض الأمر الذى
يوقف عمل المرشح ومن ثم يوجب تفريغ المرشح من الرمل والزلط واعادة ترتيبه
أما فى المرشحات التى تستعمل فيها (false bottom & strainer system)
كطريقة لصرف المياه فان كل مصفاة « strainer » تزود بماسورة تتصل
رأسياً لمسافة تحت القاع الكاذب « false bottom » على أن يتوى هذه
الماسورة ثقب أو فتحة رأسية (شكل ٩ - ١٨) . يدخل منها الهواء عند



① منسوب الماء أثناء ضغط الهواء

② منسوب المياه أثناء استعمال المصفاة

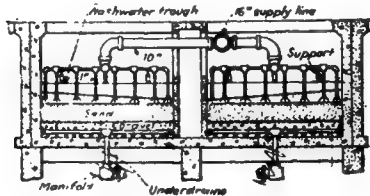
شكل رقم ٩-١٨

ضغطه في أسفل القاع الكاذب - أما الفتحة في أسفل الماسورة فهي مخرج المياه عند الترشيع ومدخل المياه عند الغسيل .

ج - شبكة الغسيل السطحي : Stationary Surface Wash

وهذه عبارة عن شبكة من المواسير المثبتة على ارتفاع من سطح الرمل تصفط فيها المياه لتخرج من الثقوب تحت ضغط قدره ٠.٧ - ١.٠٠ كيلوجرام/سم^٢ (١٠ - ١٥ رطل/البوصة المربعة) على شكل نافورة (Jet) متجهة إلى أسفل لتكسر الطبقة العليا من الرمل المتماثل نتيجة لتجميع المواد الهلامية في مسامها - على أن يكون معدل تعرف المياه الخارج من هذه المواسير حوالى ٢٥٠ لتر/متر^٢/دقيقة (٥ جالون/قدم^٢/الدقيقة) (شكل ٩ - ١٩) .

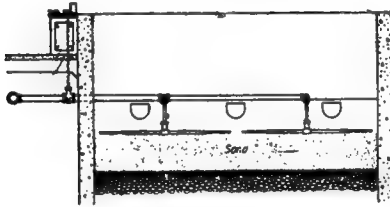
وفي نفس الوقت تضغط المياه في شبكة صرف المرشح الموجودة تحت طبقة الزلط بمعدل كافى لاحتداث تمدد فى الرمل قدره ٢٥ ٪ من ارتفاعه الأسلى ويقدر هذا المعدل بحوالى ٤٠٠ لتر / متر^٢/دقيقة (٨ جالون/قدم^٢/الدقيقة) وقد أدت هذه الطريقة إلى تحسين كفاءة الغسيل مع توفير فى كمية المياه .



شكل رقم ٩ - ١٩

د - استعمال نافورة بالمز اللقافة (Patner Bed Agilator) :

وهذه عبارة عن ماسورة رأسية تنفرع إلى ذراعين أفقيين بوصاة تسمح
ببوران الأذرع الأفقية وكل ذراع مزود على جانب واحد بفتحات
(nozzles) فوهاتها موجهة إلى سطح الرمل . فإذا ضغطت المياه في الماسورة
الرأسية خرجت المياه من الفتحات متدفقة على شكل نافورة (Jet) تسبب
دوران الأذرع الأفقية (شكل ٩ - ٢٠) .



Palmer filter bed agitator.

شكل رقم ٩ - ١٩

وعند غسل المرشح بهذه الطريقة . تضغط المياه في الماسورة الرأسية
تحت ضغط قدرة ٣.٥٠ كيلوجرام / م^٢ (خمسين رطل على البوصة
المربعة) وبمعدل حوالى ٢٥٠ ! /متر^٢ /دقيقة (خمس جالون / قدم^٢ / دقيقة)
وفي نفس الوقت تضغط الماء في شبكة صرف المرشح الموجود في
أسفل المرشح بمعدل كافى لاجداث تمدد في الرمل قدره ٢٥ ٪ من ارتفاعه
الأصلى - هذا المعدل حوالى ٤٠٠ لتر /متر^٢ /دقيقة (٨ جالون / قدم^٢ /دقيقة)
وهذه الطريقة هى أحدث الطرق ومن أحسنها نتائج .

٥ - استعمال مياه الغسيل بمعدل مرتفع (High velocity wash water)

نظراً لأن مقدار تمدد الرمل أثناء عملية الغسيل له تأثير كبير على تفكك حبيبات الرمل عن بعضها واضطرابها واحتكاكها ببعضها ومن ثم تحملها لما علق بها من مواد هلامية - فلقد علمت تجارب لإيجاد العلاقة بين نسبة تمدد ودرجة نظافة الرمل - ونتيجة لهذه التجارب ظهر أن أحسن نسبة للتمدّد هي ٥٠ ٪ - أى أنه يجب ضغط ماء الغسيل في شبكة صرف المرشح بحيث يسبب أثناء ارتفاعه في المرشح تمدداً للرمل قدره ٥٠ ٪ من ارتفاعه الأصلي - وبديهي أن كمية الماء اللازمة لذلك تتوقف على عدة عوامل أهمها :

درجة الحرارة . حجم حبيبات الرمل . الوزن النوعي لحبيبات الرمل .

أنواع المرشحات :

وأنواع المرشحات تبعاً للشركات المنتجة لها هي :

ج. ويل (Jewell) . باترسون (Paterson) . سيمنز (Siemens) برمينجتون (Permuttite) . إماماج (Pzmag) . رايزرت (Re'sert) وجميع هذه المرشحات متشابهة في الأسس الرئيسية للتصميم والتشغيل والاشاء وان اختلفت بعض الشيء في بعض التفاصيل .

القوانين الهندسية لتشغيل المرشح الرمل السريع :

١ - أهم هذه القوانين هو الذى يوضح معدل الترشيح ومنه يمكن حساب المساحة اللازمة للمرشحات وهو :

(١)

$$Q = A \times q$$

حيث Q = هو التصرف الكلى للمرشحات في اليوم .

A = المساحة الكلية للمرشحات .

q = معدل الترشيح ويساوي كما سبق ذكره .
من ١٢٠ - ١٨٠ متر^٣/متر^٢/اليوم

٢ - الفاقد في عامود ضغط المياه أثناء الترشيح : (Loss of head)

وهذا توضيحه معادلة دارسي (Darcy)

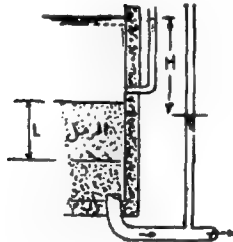
$$(٣) \quad V = K \times \frac{H}{L}$$

حيث V = سرعة المياه في م نام الرمل

K = معامل نفاذية الرمل

L = سماكة طبقة الرمل

H = الفاقد في عامود الضغط (شكل ٩ - ٢٠)



شكل رقم ٩ - ٢١

ولابد لحساب قيمة H من معرفة قيمة بقية الحدود . فنجد أن قيمة L معروفة وهي في المرشح عادة من ٦٠ - ٧٥ سنتيمتر .

أما قيمة كل من $K \cdot V_i$ فتعتمد على درجة مسامية الرمل والمعادلات الآتية تعطي العلاقة بين V_i العوامل المؤثرة على الفاقد في عامود الضغط أثناء الترشيح :

$$(٤) \quad V_1 = \frac{V_2}{P}$$

$$(٥) \quad K = cd_w^2 (0. + 0.03 t) \frac{1^3}{(1-P^2)}$$

حيث V_1 = سرعة المياه في مسام الرمل (متر/يوم)

V_2 = سرعة المياه في جسم المرشح فوق طبقة الرمل (متر/يوم)

P = درجة مسامية الرمل (Porosity)

K = معامل النفاذية للرمل .

C = معامل ثابت يتغير تبعاً لنوع الرمل ويساوى عادة حوالى ٢٥٠

d = القطر الفعال للرمل .

t = درجة الحرارة بالتقدير الستجراى

كما أن هيزن (Hazen) يعطى المعادلة الآتية للربط بين هذه المتغيرات .

$$(٦) \quad V = C_1 d^2 \frac{H}{L} \frac{T + 10}{60}$$

حيث V = سرعة المياه في جسم المرشح فوق طبقة الرمل (متر/يوم)

C_1 = معامل يتغير تبعاً لنوع الرمل تتراوح قيمتها من ٥٠٠ إلى ٧٠٠

H = الفاقد في عامود الضغط

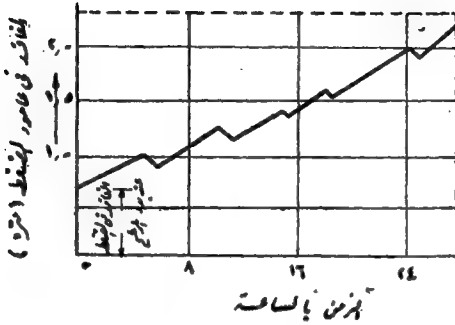
L = ارتفاع طبقة المرشح (شكل ٩ - ٢١)

T = درجة الحرارة بالتقدير الفهرنهايتى .

وبدئى أن درجة مسامية الرمل (P) تتغير بمضى الوقت نظراً لتراكم الرواسب في مسام الرمل ومن ثم تقل نفاذية المرشح (K) وبالتالي يزداد الفاقد في عامود الضغط حتى يصل إلى أقصاه وعندئذ يلزم إيقاف الترشيح وغسل المرشح .

وتقدر مسامية المرشح عند بدء الترشيح بحوالى ٣٥ %

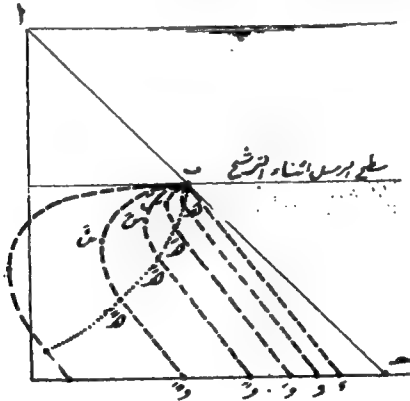
والشكل رقم (٩ - ٢٢) يبين ازدياد الفاقد في عامود الضغط بمضى الوقت بعد بدء الترشيح .



شكل رقم ٩ - ٢٢

٣ - توزيع ضغط المياه في طبقات المرسح

يبين شكل (٩ - ٢٣) الضغط الهيدروستاتيكي للمياه عند الأعماق



شكل رقم ٩ - ٢٣

المختلفة للمرشح في الأوقات المختلفة للتشغيل :

فالخط أ ب ج يمثل الضغط عند عدم تشغيل المرشح وهو خط مستقيم والخط أ ب د يمثل الضغط عند بدء تشغيل المرشح والرمل لا يزال نظيفاً ولم يحجز أية مواد عالقة في مسامه . والمسافة « ج د » تمثل الفاقد في الضغط نتيجة للاحتكاك بين حبيبات الرمال والمياه أثناء سير المياه في مسام المرشح . وبلاحظ أن الجزء « ب د » خط مستقيم ويمثل معدل انخفاض الضغط - أى أن معدل النقص في الضغط ثابت بكامل عمق المرشح .

فاذا بدأت المواد العالقة في الترسيب بين مسام الرمال . يأخذ الفاقد بالاحتكاك في الازدياد ويظهر ذلك بانخفاض خط الضغط إلى الخط أ ب هـ و ثم إلى الخط أ ب هـ و - — — .

ويلاحظ أن الأجزاء ب هـ . ب هـ من هذه الخطوط منحنية بينما تستقيم الأجزاء هـ و . هـ و وتوازي الخط ب د وتفسر لذلك يمكن القول أن تراكم المواد العالقة في الطبقات العليا للمرشح تسبب انخفاضاً في مساميتها وبالتالي زيادة في مقاومتها لمرور المياه فيها أى زيادة الفاقد في عامود ضغط المياه بينما يكون معدل انخفاض الضغط في الأجزاء من المرشح التي لم ترسب في مسامها المواد العالقة لا يزال ثابتاً ولذلك يظهر خط الضغط في هذه الأجزاء موازياً للخط « ب د » . وبذلك يمكن القول أن النقط هـ هـ هي الأعماق التي تصل إليها المواد العالقة في طبقات المرشح .

وباستمرار عملية الترشيح يزداد الفاقد في الضغط ويزداد ترسب المواد العالقة إلى أعماق أكبر في جسم المرشح إلى أن يصل قيمة الفاقد في الضغط إلى الحد الأقصى المسموح به . ويمكن تحديد الأعماق التي يصل الضغط فيها إلى أدنى قيمة في أية لحظة أثناء الترشيح برسم مماس رأسي للمنحنيات : ب هـ

بـ هـ ، بـ هـ ... وبذلك تكون النقطة هـ ، سـ سـ .. في الشكل هي النقطة التي يحدث فيها أقل قيمة لضغط المياه أثناء الترشيح - فإذا تقاطع أحد الخطوط الممثلة لقيمة ضغط المياه في المرشح أثناء الترشيح مع الخط الرأسى من النقطة هـ أ ، كان ذلك دليلاً على حدوث ضغط سالب (Negative head) في المرشح الأمر الذى يجب العمل على تلافيه إذ يترتب على ذلك انطلاق الغازات النابتة في الماء مكونة فقاعات داخل مسام الرمال مما يعوق حركة المياه في المرشح ويقلل من المساحة الفعالة للمرشح وبالتالي انخفاض في جودة الترشيح وكذلك احتمال حدوث فجوات في طبقة الرمل عند تصاعد هذه الغازات وخلال هذه الفجوات تتسرب المياه دون ترشيح مما يقلل كذلك من جودة الترشيح .

وتختلف هذه الخطوط الموضحة لضغط المياه في طبقات المرشح تبعاً لحجم الرمال المستخدمة في كل مرشح . فنجد أن في الرمال الخشنة نسبياً تحدث الضغوط السالبة في طبقات علوية للمرشح بينما تخترق المواد العالقة مسام الرمال إلى أعماق كبيرة . وبالعكس من ذلك لدرشحات ذات الرمال الناعمة . فإن الضغط السالب يحدث في قاع المرشح ولا تخترق المواد العالقة إلا إلى أعماق قليلة في المرشح .

٤ - مدة الترشيح (Duration of filter run) :

وهذه هي الفترة ما بين عمليتي غسيل وتتوقف طولها على : معدل الترشيح . عمق طبقة الرمل ، قطر حبيبات الرمل ، مسامية الرمل . عكارة الماء .. ويمكن تقدير طولها بالمعادلة الآتية التي يقترحها بايلس (Baylis)

$$T = K_o \frac{d^{2.15}}{q^{1.5}}$$

حيث T = مدة الترشيح بالساعة

d = القطر الفعال للرمل بالمليمتر .

K = ثابت يتوقف على عكارة المياه

q = معدل الترشيح (جالون/قدم^٢/دقيقة)

ومن الناحية العملية يوقف تشغيل المارشع في الحالات الآتية :

١ - عند وصول فاقد عامود الضغط إلى الحد الأقصى وهو حوالى متر ونصف .

٢ - عند ظهور مواد عالقة في المياه المرشحة .

٥ - عمق طبقة الرمل (Depth of Sand bed) :

لقد وجد بالتجربة على المرشحات الصغيرة في المعمل أن عمق طبقة الرمل اللازمة لحجز الندف والمواد الحلامية طول مدة تشغيل المارشع أى حتى يصل الفاقد في عامود ضغط المياه أقصاه يتوقف على حجم حبيبات الرمل ، وعلى معدل الترشيح - ويسمى هذا العمق بالعمق الحرج (Critical depth) .

والجنول رقم ١٤ يعطى العمق الحرج للأقطار المختلفة للرمل عندما كان معدل الترشيح ١٦٠ متر^٣/متر^٢/يوم .

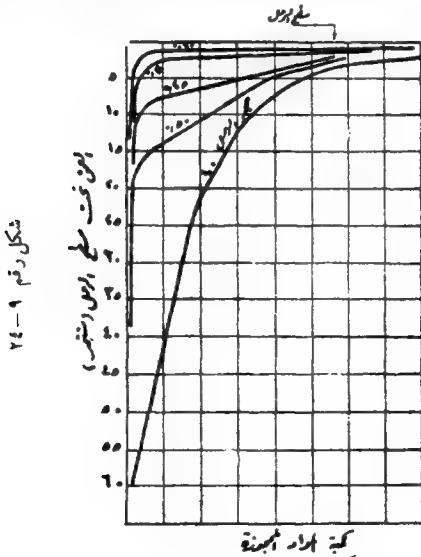
جنول رقم ١٤

| العمق الحرج (مم) | القطر (مم) |
|------------------|------------|
| ٧,٥ | ٠,٣٧ |
| ١١,٥ | ٠,٤٣ |
| ١٥,٠ | ٠,٥٠ |
| ٢٢,٥ | ٠,٦٠ |
| ٢٧,٥ | ٠,٧٦ |

ومن هذا الجدول يتضح نظرياً أنه يكفي طبقة من الرمل بارتفاع خمسة عشر سنتيمتراً لترشيح المياه إذا كان قطر الرمل ٠.٥٠ مم وهو الحجم الفعال للرمل المستعمل في المرشحات الرملية السريعة .

الآن من الناحية العملية ونظراً للتشققات التي تحدث في جسم الرمل أثناء عملية الترشيح والتي تسبب تسرب المواد العالقة إلى أعماق كبيرة في جسم الرمل مما يخشى منه تسرب المياه دون ترشيح كامل . فقد روى عملياً ألا يقل عمق طبقة الرمل عن ستين سنتيمتراً .

ولقد أظهرت التجارب التي عملت لقياس تركيز المواد العالقة في جسم المرشح في نهاية فترة الترشيح (شكل ٩-٢٤) أن المواد العالقة تصل إلى أعماق



حوالى أربعين سنتيمتراً إذا كان قطر الرمل المستعمل ٠.٥ مم وإلى ستر سنتيمتراً إذا كان القطر ١.٥ مم مما يؤيد الرأي القائل بأن يقل عمق طبقة الرمل عن ستين سنتيمتراً .

٦ - نسبة تمدد الرمل أثناء الغسيل :

ويوضح هيزن (Hazen) العلاقة بين هذه العوامل المختلفة بالمعادلة

$$(A) \quad R = 30 d^{1.5} (1 + 0.060 X) \frac{T + 10}{60}$$

حيث R = معدل ارتفاع مياه الغسيل (بوصة / دقيقة) .

d = القطر الفعال للرمل ملليمتر .

X = النسبة المئوية لتمدّد الرمل .

T = درجة الحرارة بالتقدير الفهرنهايت .

٧ - فاقد عامود الضغط أثناء الغسيل :

ولحساب هذا الفاقد يعتمد على قانون دارسى (Darcy)

$$(9) \quad H = \frac{V_1 L_1}{K_1}$$

حيث L_1 = ارتفاع طبقة الرمل بالمتر أثناء عملية الغسيل أى بعد التمدد

الذى يحدث عند نفاذ الماء من أسفل إلى أعلى فى جسم الرمل .

K_1 = معامل نفاذية الرمل أثناء تمدده .

V_1 = سرعة ارتفاع الماء فى مسام الرمل

H = الفاقد فى عامود الضغط (متر) .

ولابد لحساب قيمة H من معرفة قيمة بقية الحدود . فنجد أن قيمة V_1

يمكن معرفتها إذا علمت النسبة المئوية لتمدّد الرمل (X) وهذه يمكن الحصول

عليها من المعادلة رقم (٨) أعلاه .

أما قيمة كل من V_1 ، K_1 فتعتمد على درجة مسامية الرمل أثناء التقدد .

$$(١٠) \quad V_1 = \frac{V_2}{P_1}$$

$$(١١) \quad K_1 = C d^2 (0.7 + 0.03 t) \frac{P_1^2}{(1-P_1)^2}$$

حيث V_1 = سرعة المياه في مسام الرمل أثناء الغسيل متر / يوم
 V_2 = سرعة المياه في جسم المرشح فوق طبقة الرمل متر / يوم
 P_1 = درجة مسامية الرمل أثناء الغسيل
 K_1 = درجة نفاذية الرمل أثناء الغسيل .
 C = معامل ثابت يتغير تبعاً للنوع الرمل ويساوى حوالى ٢٥٠
 d = القطر الفعال للرمل .
 t = درجة الحرارة بالتقدير السنجرادى .

أما قيمة P_1 وهى مسامية الرمل أثناء الغسيل ، فيمكن إيجادها من المعادلة :

$$(١٢) \quad L (1 - P) = L_1 (1 - P_1)$$

حيث L = عمق الرمل أثناء الترشيح .
 L_1 = عمق الرمل أثناء الغسيل ويحدد بمعرفة قيمة نسبة التدد (X)
 في المعادلة (٨) . ص ٣٤٢
 P = مسامية الرمل أثناء الترشيح (حوالى ٣٥٪) .
 P_1 = مسامية الرمل أثناء الغسيل .

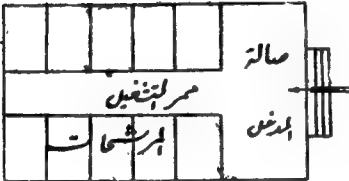
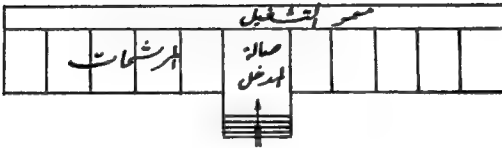
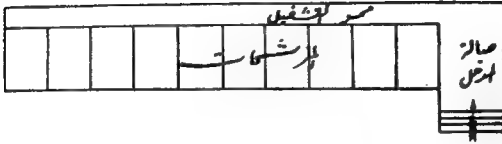
مبنى المرشحات

وتوضع المرشحات الرملية الشريفة داخل مبنى يحتوى الأجزاء الرئيسية الآتية :

١ - صالة المرشحات :

وتخترقها ممرات ذات طابقين - وعلى جانب واحد أو جانبي الممرات توجد المرشحات والطابق العلوى للممرات يكون على مستوى الحافة العليا للمرشح ويسمى بطابق التشغيل (Operating floor) وبه أمام كل مرشح لوحة التشغيل بما عليها من أيادى - لتشغيل صمامات قفل أو فتح المياه من وإلى المرشح ، كما يوجد عليها صمام لأخذ عينة من الماء الخارج من المرشح لاختباره وفحصه عند الحاجة ويوجد عليها كذلك أجهزة قياس التصرف الخارج من المرشح والفاقد لضغط المياه أثناء عملية الترشيح حتى إذا وصل هذا الفقد إلى أقصاه أوقف المرشح عن العمل - لاستعداداً للتفصيل .

أما الطابق الأسفل من الممرات فيحتوى على المواسير الخاصة بالمياه المرسبة والمياه المرشحة ومياه الغسيل والهواء المضغوط ومركب عليها منظمات معدل الترشيح وكذلك الصمامات اللازمة لتشغيل المرشح ويجب ملاحظة أن يكون هذه الممرات العلوية والسفلية بالاتساع الكافى الذى يضمن سهولة التشغيل واصلاح المواسير والصمامات أو استبدالها عند الحاجة . والشكل رقم (٩ - ٢٥) يبين تخطيطات مختلفة للمرشحات داخل صالة المرشحات كما يبين شكل رقم (٩ - ٢٦) قطاع فى هذه الصالة .



شكل رقم ٩ - ٢٥

ويفضل دائماً أن تكون صالة المرشحات مسقوفة لمنع تاوثر المرشحات
ومنع تعرضها لأشعة الشمس التي تساعد على نمو الطحالب .

٢ - صالة كياسات الهواء :

حيث توجد كياسات الهواء اللازمة لضغط الهواء في المرشحات عند بدء عممية الغسيل وذلك للمساعدة في تنظيف الرمل .

٣ - معمل اختبار المياه : حيث توجد الأجهزة اللازمة للاختبارات الكيميائية والبكتريولوجية للمياه .

٤ - حجرة أجهزة الكلور : حيث توجد الأجهزة اللازمة لحقن الكلور في الماء بمجمرعات خاصة كافية لتطهيره .

٥ - حجرات الإدارة : حيث يوجد المسئولون عن تشغيل الصالة وحيث تخزن بعض المهمات اللازمة للتشغيل .

٦ - وفي بعض الحالات يوجد بمبنى المرشحات حجرات خاصة للأجهزة اللازمة لتغذية المياه بالكواويات الضرورية (Coagulant feeders) إلا أنه يفضل غالباً بناء مبنى خاص لهذه الأجهزة .

على أنه بالإضافة إلى الناحية الهندسية وقيام المبنى بالفرض اللازم من إنشائه فإنه يجب علم اغفال الناحية المعمارية والفنية في المبنى نظراً لأهميتها من الناحية التفسانية للجمهور ، إذ أن في جمال المبنى خارجياً وحسن أضاءته وتوحيته واتساعه في الداخل ما يعطى الجمهور ثقة في تشغيله وإدارته وحسن إنتاجه .

خزان المياه المرشحة

(Clear Water Tank)

والغرض منه هو استقبال المياه بعد خروجها من المرشحات ومنه تأخذ محطات طلبات الضغط العالي المياه لدفعها في شبكات توزيع المياه في المدينة ويبنى هذا الخزان عادة تحت سطح الأرض بالقرب من مبنى المرشحات

على أن تكون سعته كافية لتستوعب تصريف المدينة في خلال فترة تراوح من ستة إلى ثمانية ساعات والغرض من ذلك هو ضمان إمداد المدينة بالمياه في حالة تعطل محطة التنقية أو محطة الرفع الواطى لفترة ما كما أن الغرض منه هو الموازنة ما بين تصريف محطة التنقية الذى يكاد يكون ثابتاً طوال اليوم وتصريف المدينة - أى تصريف طلبات الضغط العالي - الذى يتغير ومن يوم إلى يوم في الأسبوع على مدار العام فعندها يكون استهلاك المدينة أقل من تصريف محطة التنقية يرتفع الماء في المخزن - حتى إذا كان استهلاك المدينة أكبر من تصريف محطة التنقية وجدنا رصيداً من المياه ترفعها الطلمبات لضغطها في شبكة مواسير التوزيع .

كما أنه في بعض الحالات يبنى هذا الخزان تحت المرشحات مباشرة إلا أن هذا غير مفضل نظراً للصعوبات الانشائية التى قد تعترض التنفيذ .

على أنه في كلتا الحالتين يجب أن يبنى الخوض بطريقة تجعل المياه تسير فيه بانتظام في كامل قطاعه ويتم ذلك ببناء حوائط حائلة (baffles) توجه المياه من المدخل إلى المخرج مع منع تواجد مناطق مشلولة (dead zone) وأحواض التخزين هذه غالباً من الخرسانة المسلحة ذات سقف مزود بفتحات للتهوية مغطاة بالسلك الدقيق الذى يسمح بمرور الهواء ولا يسمح بدخول الأتربة والحشرات على أن تكسى الحوائط والأرضية بمونة الأسمنت المخلوط بمادة لمنع تسرب المياه - كما يجعل القاع بانحدار إلى مواسير الصرف لا مكان لتنظيف الخوض .

كما يفضل أن تمر المياه عند دخولها إلى الخوض على هدار أو حائط حائل وبذلك يمكن تفريغ الخوض إلى منسوب الهدار فقط إذا أريد إصلاح ماسورة أو صمام المدخل أما ماسورة المخرج فتوضع على القاع حتى يمكن تفريغ

الحوض منها - والشكل رقم ٩ - ٢٧ . ٩ - ٢٨ توضح مساقط أفقية
وقطاعات في أنواع لهذه الأحواض .

التخطيط العام لمحطة التنقية :

من المعلوم لنا الآن أن محطة التنقية تكون من الوحدات الآتية :

١ - أحواض الترويب والترسيب .

٢ - مبنى المرشحات .

٣ - خزان المياه التنقية .

كما يوجد عادة في نفس الموقع :

١ - محطة طلبات الضغط الواطى الى ترتفع المياه من المأخذ إلى
أعمال التنقية .

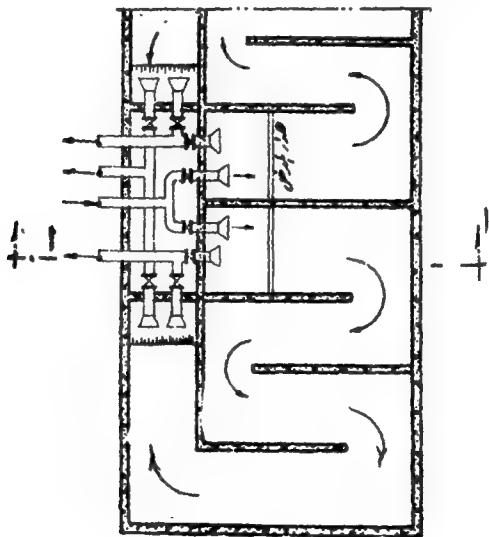
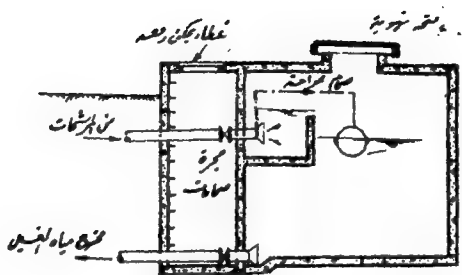
٢ - محطة طلبات الضغط العالى التى ترتفع المياه من خزان المياه
إلى شبكة توزيع المياه والخزانات العالية (Elevated tanks) .

٣ - مبنى الإدارة حيث يوجد المهندسون والموظفون والعاملون بالمحطة
وكذلك المخازن اللازمة .

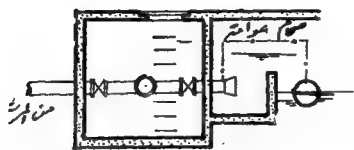
ويتوقف تخطيط هذه الوحدات بالنسبة لبعضها على مساحة وشكل الأرض
الى ستقام عليها الوحدات الا أنه يجب أن يراعى فى التخطيط بالإضافة
إلى جمال المنظر العام سهولة الوصول بين كل وحدة وأخرى وكذلك تتابع
سير المياه فى محطة التنقية من وحدة إلى أخرى - وذلك ييسر ألتخطيط شبكات
المياه ما بين الوحدات المختلفة واقتصاداً فى تكاليف هذه المواسير .

خزان الرواسب وطلبات رفع الرواسب :

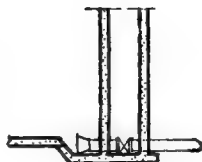
والغرض من هذا الخزان هو استقبال الرواسب الناتجة من تنظيف
أحواض الترويق . وكذلك مياه غسيل المرشحات - والغرض من طلمبات



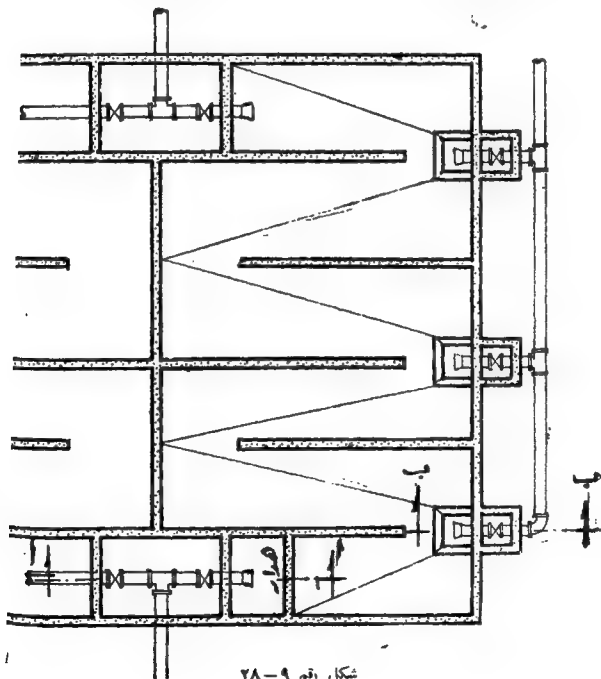
شکل رقم ۹-۲۷



قطع ۱.۱



قطع ۱.۲



شکل رقم ۹-۲۸

هو رفع هذه الرواسب من الخزان كلما امتلأ - وقذفها في مصرف مجاور للمحطة أو قذفها في المجرى المائي الذي تسحب منه المياه على شرط أن تكون نقطة صب الرواسب في المجرى المائي تحت التيار (down stream) بالنسبة للمأخذ المياه بمسافة كافية لمنع تلوث المياه عند المأخذ بهذه الرواسب .

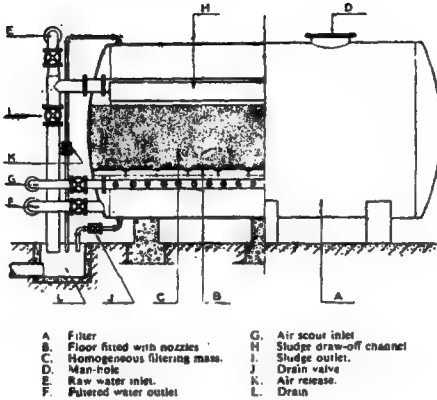
وبديهي أن كل من خزان الرواسب وطلعات الرواسب لا تستعمل إلا إذا كان منسوب مخرج هذه الرواسب من أحواض الترويق أو المرشحات أوطى من منسوب المياه في مجرى الماء الذي تستقبل هذه الرواسب أما إذا كان مخرج الرواسب أعلى من منسوب المياه في المجرى المائي ، فإنه يستغنى عن طلعات الرواسب نظراً لأنه لا يمكن صرفها بالانحدار الطبيعي .

المرشحات الرملية السريعة بالضغط

Rapid Sand Pressure Filter

وهذه عبارة عن أسطوانة من الصلب محكمة أما رأسية أو أفقية المحور والذراع الراسي يتراوح قطره من نصف متر إلى ثلاثة متر وارتفاعه من مترين إلى أربعة أمتار - وهو يستعمل للتصريفات الصغيرة - كما أن النوع الأفقي يتراوح قطره من ٢,٥ إلى ٣,٥ متر ويبلغ طوله حتى سبعة أمتار وهو يستعمل للتصريفات الكبيرة .

ولا تختلف هذه المرشحات في داخلها عن المرشحات التي تعمل بالخاصية فنوجد فيها شبكة لصراف المياه المرشحة من نوع : perforated pipe underdrains تعلوها طبقة من الزلط ثم طبقة من الرمل (شكل ٩ - ٢٩) بنفس مواصفات الرمل والزلط المستعمل في المرشحات التي تعمل بالخاصية .



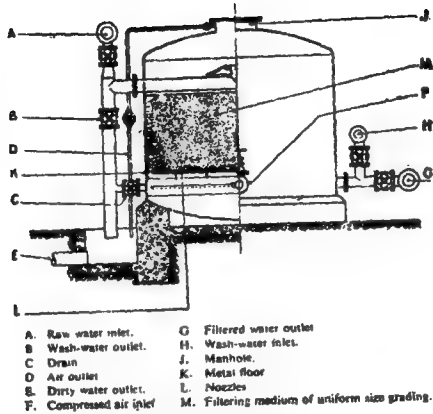
شكل رقم ٩ - ٢٨

وطريقة التشغيل هي أن تضغط المياه بعد الترسيب بواسطة طامبات ذات ضغط عالي إلى المرشحات فتمر في الرمل وانزلاط إلى شبكة الصرف ومنها إلى شبكة التوزيع رأساً دون أن تمر على خزان المياه النقية - ويستدر هذا حتى يبلغ فاقد عامود الضغط في المرشح أقصاه ثم - يتم غسله بالطريقة التي سبق شرحها فتتكك حبيبات الرمل عن بعضها ومن ثم با-تكاكها مع بعضها تتلخص مما علق بها من مواد هلامية تخرج مع المياه من المرشح .

كما أنه لا بد من فترة انضاج للمرشح بعد عملية الغسيل قبل استعمال المرشح .

ومعدل الترشيع في هذه المرشحات هو ١٠٠ - ١٥٠ متر مكعب /

متر^٢ / يوم .



شكل رقم ٩-٢٩

استعمالات المرشح بطريقة الضغط :

لا يستعمل هذا النوع من المرشحات لعمليات المياه الكبرى بل ية مر استعماله على الحالات الآتية :

١ - الأغراض الصناعية - لترشيح مياه المصنع بعيد عن مصادر المياه النقية .

٢ - امداد المجتمعات السكنية الصغيرة بالمياه النقية .

٣ - امداد المجتمعات السكنية الموقفة (كالمسكرات الصيفية والثقافة والترفيهية) أو الوحدات السكنية المتنقاة كوحدات الجنود

المخاربة وفي هذه الحالات يثبت المرشح على سيارة نقل عادية (لورى) لسهولة انتقاله من مكان لآخر حسب الحاجة .

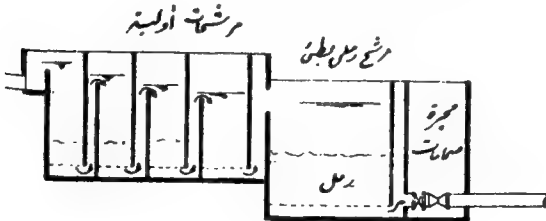
٤ - تنقية المياه في حمامات السباحة .

مرشح بيش شابل

وهو أحد أنواع المرشحات البطيئة ويتكون من عدة مرشحات متتالية تبدأ بمرشح من الزلط الرفيع ثم مرشحات من الرمل الخشن يتبعها مرشح رمل بطنى وتمر المياه في انتقالها من مرشح إلى آخر فوق مدار لتعريضها للهواء لازالة ما قد يكون بها من روائح أو أملاح للحديد - وتصلح هذه المرشحات للمناطق التى تعلو فيها نسبة تلوث المياه في الترع الملاحية والأنهار الصغيرة - ولكنها ليست منتشرة الاستعمال نظراً لأنها تتكلف مصاريف باعظة وذلك لكبر المساحات اللازمة للترشيح (شكل ٩ - ٣٠)

أسس تصميم مرشحات بيش شابل :

١ - تتكون هذه المرشحات من ستة مرشحات أو أقل تعمل على التوالي، الأربعة الأولى منها مادة الترشيح فيها من الزلط الرفيع كالأتى:-



شكل رقم ٩ - ٣٠

| | | | |
|-----------------|-----------|----|-----------|
| المرشح الأول : | حجم الزلط | ٢٠ | مليون متر |
| المرشح الثاني : | حجم الزلط | ١٣ | مليون متر |
| المرشح الثالث : | حجم الزلط | ٨ | مليون متر |
| المرشح الرابع : | حجم الزلط | ٥ | مليون متر |

على أن مساحة كل مرشح تختلف عن المرشح الآخر إذا أن معدل الترشيح يختلف من مرشح إلى الآخر - وتقدر المواصفات أن تكون النسبة بين مساحات الأربعة مرشحات كالآتي :

| | | | |
|--------------|---------------|---------------|---------------|
| المرشح الأول | المرشح الثاني | المرشح الثالث | المرشح الرابع |
| ١ | ١.٥ | ٢.٥ | ٥ |

ويتبع المرشحات الأربعة مرشح مكون من الرمل الحرش على أن تكون مساحته اثني عشر ضعفاً لمساحة المرشح الأول . ثم يتبع ذلك المرشح الرملي البطيء ومساحته تساوي خمسين ضعفاً لمساحة المرشح الأول - وسرعة الترشيح فيه من ٤ - ٨ متر مكعب للمتر المسطح في اليوم .

وتغسل المرشحات الخشنة بالهواء المضغوط والماء كالمرشحات الرملية السريعة العادية . بينما يغسل المرشح البطيء في نهاية المرشحات بكشط الطبقة العليا من الرمل أسوة بالمرشحات الرملية البطيئة العادية .

الباب العاشر

تطهير المياه

Disinfection of Water

تطهير الماء هو قتل جميع ما قد نجريه من بكتريا مسببة للأمراض
(Disease producing bacteria) وكذلك بكتريا القولون (Cloriform Bacteria)
ولكنها لا تغنى قتل جميع البكتريا الموجودة في الماء - إذ أن هذا ما يطلق
عليه تعقيم (Sterilization) أى قتل كل الكائنات الحية في الماء .

وعملية تطهير الماء لا تغنى عما يسبقها من عمليات الترسيب والترشيح
أى أنها ليست بديلة ولكنها مكمل لما يسبقها من عمليات . والغرض منها قتل
البكتريا المسببة للأمراض التى لم تحجز في أحواض الترسيب أو المرشحات .
وتتم عملية التطهير بإحدى الطرق الآتية :

- ١ - التطهير بالكلور (الكلورة) (Chlorination)
 - ٢ - التطهير بالأوزون (Ozonization)
 - ٣ - تعريض الماء للأشعة فوق بنفسجية (Exposure to Ultra violet ray)
 - ٤ - التسخين (Heating)
 - ٥ - التطهير بالجير (Addition of lime)
 - ٦ - التطهير بالبروم واليود (Addition of bromine & iodine)
 - ٧ - تعريض الماء لأشعة الموجات فوق الصوتية (Ultra sonic wave)
- وأكثر الطرق استعمالاً في عمليات المياه الكبرى هى إضافة
الكلور - بينما يستعمل الأوزون أحياناً في عمليات تطهير مياه
حمامات السباحة أما الطرق الأخرى فتندر أو ما تستعمل . إلا
في العمليات الخاصة الصغيرة أو للأغراض المنزلية .

التطهير بالكلور (Chlorination)

وهى أكثر طرق تطهير المياه شيوعاً نظراً لسهولة استعماله وكذلك لسهولة
الحكم على مدى فاعليته التى تتم (كما سترى فيما بعد ذلك) بالتأكيد من

وجود نسبة من الكلور في الماء بعد فترة من اضافته . ويتم عملية التطهير بالكلور باضافة جرعة من غاز الكلور (Chlorine dose) إلى الماء قبل الاستعمال .

وتتوقف فاعلية الكلور في قتل البكتريا على العوامل الآتية :

١ - درجة تركيز الأيون الهيدروجيني (Hydrogenion Concentration)
فلقد تبين أن الماء ذات التركيز الهيدروجيني المنخفض يلزمه جرعات كلور أصغر من الماء ذات التركيز الهيدروجيني المرتفع للحصول على نفس كفاءة التطهير .

٢ - درجة الحرارة :
تقل جرعة الكلور بارتفاع درجة الحرارة للحصول على نفس كفاءة التطهير .

٣ - مدة التفاعل بين الكلور والماء (Time of Contact)
إذ تزيد فاعلية الكلور كلما طال هذا الزمن - ونظراً لاختلاف مقاومة البكتريا المختلفة لتأثير الكلور عليها فقد وجد أنه يجب أن تمر ثلاثين دقيقة بعد اضافة الكلور قبل استعمال الماء .

٤ - قلوية وحامضية الماء (Alkalinity & acidity) :
وتقل فاعلية الكلور بزيادة قلوية الماء - ولذلك يلزم جرعات كلور عالية كلما ارتفعت قلوية الماء .

٥ - وجود المركبات الأزوتية في الماء (Nitrogenous compound) :
خاصة الأمونيا (Amonia) إذ أن في تواجد هذه المركبات في الماء أضعاف لفاعلية الكلور في قتل البكتريا - ولذا يلزم أما اضافة جرعات أكبر أو إطالة في وقت التفاعل بين الكلور والماء .

٦ - وجود مركبات الحديد والمنجنيز :

وهذه أيضاً تحد من فاعلية الكلور في قتل البكتريا .

٧ - نوع وعدد البكتريا المراد القضاء عليها :

إذ أن لكل ميكروب مقاومة معينة لفعل الكلور - ولذا يلزم اختبار الماء لمعرفة أنواع الميكروبات التي يراد قتلها بالكلور - كما أن لعدد البكتريا الموجودة في الماء تأثير على جرعة الكلور الواجب اضافتها - فكلما زاد العدد زادت الجرعة اللازمة .

٨ - عكارة الماء (Turbidity) :

فكلما زادت عكارة الماء زادت جرعة الكلور اللازمة إذ أن الميكروبات قد تختبئ بالمواد المسببة بالعكارة من تأثير الكلور .

٩ - طريقة اضافة الكلور :

فالكلور يمكن اضافته (كما سنرى فيما بعد) على هيئة غاز أو محلول أو مسحوق لأحد مركباته ، ولقد وجد أن اضافته كغاز أكثر فاعلية من اضافة كمحلول ، وهذه أكثر فاعلية من اضافته على شكل مسحوق لأحد مركباته .

١٠ - جرعة الكلور (Chorinedose) :

وبدئى أن فاعلية الكلور في القضاء على البكتريا تزيد بازدياد جرعة الكلور المضافة إلى الماء .

جرعة الكلورين (Chlorine dose) :

وهي كمية الكلور المضافة إلى الماء مقطرة بالجزء في المليون وهي تتراوح ما بين نصف - جزء إلى جزء في المليون في الأحوال العادية - أما في حالات

الطوارئ كانتشار الأمراض المعدية التي تنتقل عن طريق الماء فقد تزايد هذه الجرعة إلى جزئين في المليون .

الكلوورين المستهلك (Chlorine demand) ، الكلوورين المتبقى (chlorine residue)

عندما يضاف الكلور إلى ماء يستهلك جزء منه في التفاعل مع الكيماويات التي قد تتواجد في الماء - هذا الجزء يسمى بالكلوورين المستهلك (demand chlorine) - ويبقى جزء آخر في الماء وهو ما يسمى الكلوورين المتبقى (chlorine residual) .

أي أن جرعة الكلور = الكلور المستهلك + الكلور المتبقى

وتتوقف كمية الكلور المتبقى على العوامل الآتية :

- ١ - درجة الحرارة .
- ٢ - الزمن الذي مضى بعد إضافة الكلور .
- ٣ - كمية الكيماويات والشوائب التي قد تتواجد في الماء .
- ٤ - جرعة الكلور .

ولاثبات اتمام عملية تطهير الماء يختبر الماء بعد نصف ساعة من اضافة الكلور للتأكد من أن الكلور المتبقى يتراوح بين ٠.٢ - ٠.٣ جزء في المليون في الأحوال العادية - أما في حالات الطوارئ التي تزايد فيها جرعة الكلوورين (كما سبق ذكره) فيصل الكلوورين المتبقى إلى ٠.٦ جزء في المليون ويمكن تقسيم الكلور المتبقى إلى نوعين :

- ١ - الكلور المتبقى الحر (free residual chlorine) وهو الكلور الذي يوجد في الماء على هيئة حامض هيبوكلوريك (hypochlorous acid) والذي يتج من تفاعل الكلور مع الماء .

٢ - الكلور المتبقى المتحد (combined residual chlorine) - وهو الكلور الذى يوجد فى الماء على هيئة مركبات الكلور والأمونيا التى قد توجد أصلاً فى الماء أو قد تضاف إلى الماء قبل إضافة الكلور إلا أنه عند اختبار الماء لمعرفة قيمة الكلور المتبقى لا يميز بين النوعين ويمكن أن تقل هذه القيمة عن ٠.٢ أو ٠.٣ جزء فى المليون .

طرق إضافة الكلور :

يضاف الكلور إلى الماء بأحدى الطرق الآتية :

أ - عن هيئة إحدى مركبات الكلور التى يتصاعد منها الكلور عند إضافتها للماء .

وهذه المركبات تشمل :

١ - المسحوق المبيض (Bleaching powder) :

ويسمى أحياناً كلوريد الجير (Chloride of lime) أو الجير المكلور (Chlorinated lime) - وتركيبه الكيماوى هو مزيج من كلوريد الكالسيوم القاعدى كا كل ٢ كا (أيد) ٢- (OH) ٢- ٢ Ca Cl₂ Ca وهيبوكلوريد الكالسيوم القاعدى كا (أكل) ٢ كا (أيد) ٢- (OCl) ٢ Ca . Ca (OH)₂

والمسحوق المبيض عبارة عن مسحوق أبيض مائل للاصفرار له رائحة قوية نفاذة يحتوى الحديد منه على ٣٢ ٪ من وزنه كلور فعال - إلا أن هذه النسبة تأخذ فى القصدان بمضى الوقت خصوصاً إذا تعرض للجو أو للضوء ولذلك يجب حفظه فى عبوات خاصة - محكمة الغلق - كما يجب اختباره لمعرفة نسبة الكلور الفعال قبل كل استعمال .

وتتوقف كمية المسحوق التي تستعمل للتطهير يومياً على العوامل الآتية :

١ - كمية الماء المراد تطهيره في اليوم .

٢ - نسبة الكلور الفعال في المسحوق المبيض .

٣ - جرعة الكلور المستعملة .

وبعد تقدير كمية المسحوق المبيض ، تعمل عجينة شمبكية (Paste) تخفف تدريجياً حتى تصبح مستحلب (emulsion) بنسبة ١ : ١٠٠ - هذا المستحلب يمزج جيداً ثم يترك لمدة ساعة ثم يصفى لازالة ما به من رواسب ثم يضاف إلى الماء بالمعدل المطلوب بواسطة أجهزة خاصة .

٢ - هيبوكلوريد الكلسيوم (Calcium hypochlorite) :

وتركيبه الكيماوى هو كا (أكل) $Ca(OCl)_2 \cdot 4H_2O$ أيد ٧ ، وكمية الكلور الفعال تتراوح من ٦٠ إلى ٧٠ ٪ من وزنه ولذلك يطلق عليه تجارياً اسم (THHT) (Hing test hypochlorite) كما يطلق عليه أسماء تجارية أخرى (Pitochlor - Perchlorn) ويمتاز عن المسحوق المبيض بارتفاع نسبة الكلور الفعال وبأن نسبة الكلور الفعال لا تتأثر بالتخزين .

وعند استعمال هيبوكلوريد الكلسيوم يخضر محلول مركز منه ثم يضاف إلى الماء بالجرعات اللازمة بواسطة أجهزة مخصوصة .

٣ - هيبوكلوريد الصوديوم (Sodium hypochlorite) :

وتركيبه الكيماوى هو ص أكل - (Na O Cl) ويحتوى هذا الملح على ١٥ ٪ من وزنه كاور فعال - ولذلك لا يستعمل بكثرة بالإضافة إلى أن محلوله يسبب تآكلاً في المراسير .

واستعمال مركبات الكلور سواء المسحوق الأبيض أو هيدروكلوريد الصوديوم أو الكالسيوم أصبح غير شائع في عمليات المياه الكبرى نظراً لمناعب التشغيل إلا أنها لا تزال تستعمل في الحالات الآتية :

- ١ - تطهير شبكات مواسير توزيع المياه بعد انشائها أو اصلاحها .
- ٢ - تطهير مرشحات وخزانات المياه .
- ٣ - في حالات الطوارئ مثل حالات الفيضانات أو عدم تواجد **ب - إضافة الكلور الغاز .**

ويتميز غاز الكلور بالصفات الآتية :

- ١ - لونه أصفر مائل إلى الاخضرار .
- ٢ - رائحته نفاذة خانقة .
- ٣ - غاز الكلور أثقل من الهواء مرتين ونصف .
- ٤ - يسيل تحت الضغط العالي (٨٥ رطل على البوصة المربعة - حوالى ٧ كجم / حجم ٢) ولذلك يحفظ وينقل على هيئة غاز مسال بالضغط في اسطوانات من الصلب تختلف سعتها من خمسين إلى ألف كباو جرام وتتوقف - العبوة المستعملة في محطة تنقية على كمية الكلور المستهلك في اليوم .
- ٥ - عندما يكون الغاز جافاً لا يسبب تآكل في المعادن ولكنه يتفاعل مع المعادن إذا كان رطباً .

- ٦ - الكلور المسال أثقل من الماء مرة ونصف .
- والغاز المتداول تجارياً يحفظ وينقل تحت ضغط كافى لأسائته (٧ - ١٠ ضغط جوى) في اسطوانات من الصلب على أن يكون الغاز المسال خالى من الرطوبة ولا يحتوى على أكثر من ٠.٥ ٪ من الشوائب أى تبلغ درجة نقائه ٩٩.٥ ٪ .

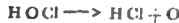
ويضاف غاز الكلور في بواسطة أجهزة خاصة تسمى أجهزة الكلورة (Chlorinator) وهي أن اختلفت في الشكل أو طريقة التشغيل إلا أنها تنفق في الأسس الرئيسية التي تلخص في تخفيف الضغط على الغاز المسال حتى يتحول إلى غاز ثم تمرير هذا الغاز في كمية محدودة من الماء لاذابته بنفسه عاليه - ثم حقن المحلول في الماسورة الرئيسية للمياه عند مدخلها إلى خزان المياه البقية - على ألا يقل ضغط المحلول عند نقطة الحقن عن ثلاثة أمثال الضغط في الماسورة الرئيسية للمياه وذلك ضمانا لكفاءة عملية الحقن .

وبين الشكل رقم (١٠ - ١) رسما تخطيطيا لأحد أجهزة اضافة الكلور

كيف قتل الكلور البكتريا :

هناك أكثر من تفسير لطريقة القضاء على البكتريا عن طريق اضافة الكلور - وأهم هذه التفسيرات هي :

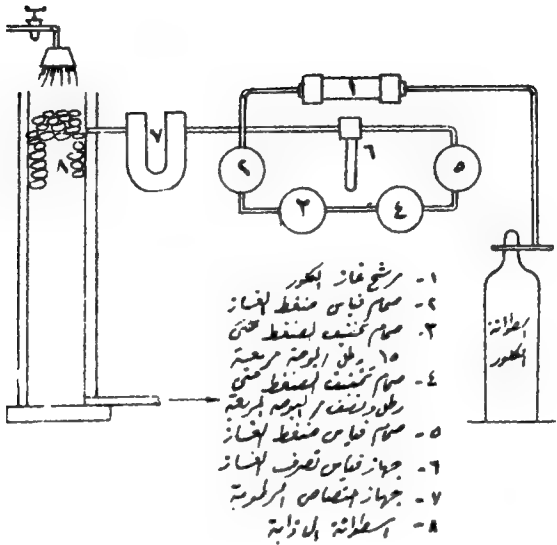
١ - عند اضافة الكلور إلى الماء ينتج أكسجين أحادي الذرة . هذا الأكسجين هو الذي يقضى على البكتريا .



و كمية حامض الكلوريك (HCl) الناتجة من هذه العملية ضئيلة جداً لا أهمية لها .

٢ - تفاعل الكلور مع جدران خلية البكتريا ومحتوياتها مسبباً بذلك هلاكها .

٣ - احتراق خلايا البكتريا بفعل الكلور أو تحولها إلى مواد قابلة للانبوبان ويؤيد هذا التفسير اختفاء بعض البكتريا وعدم تواجدها سواء حية أو ميتة بعد اضافة البكتريا .



شكل رقم ١٠ - ١

اماكن اضافة الكلور في محطة التنقية :

يمكن اضافة الكلور إلى الماء في أكثر من موقع في محطة التنقية تبعاً حالة كل محطة - وكذلك تبعاً لصفات الماء المعالج في كل حالة وتبعاً لتجارب وخبرات المشرف على التشغيل .

- الحقن في مدخل خزان المياه النقية - وهو ما يسمى :

وذلك بإضافة الكلور إلى الماء بعد الترسيب والترشيح أى فى مدخل حوض المياه النقية وهذه الطريقة هى أكثر الطرق اتباعاً نظراً لبساطتها وسهولة تشغيلها وكفاءة فاعلية الكلور على البكتيريا بسبب خلو الماء من أى عكارة أو شوائب .

ب - إضافة الكلور قبل أحواض الترسيب أو المرشحات (Prechlorination)

أى حقن الكلور قبل المرشحات أو قبل أحواض الترسيب :
وتتميز هذه الطريقة بالآتى :

- ١ - خفض تعداد البكتريا فى المياه قبل وصولها إلى المرشح مما يخفف الحمل البكتيرى على المرشح .
- ٢ - تظهر الرمل فى المرشح نظراً لمرور المياه بما فيها من كلور فى مسام الرمل أثناء عملية الترشيح .
- ٣ - كفاءة عالية فى إزالة اللون من الماء .
- ٤ - نقص فى كمية الكيماويات المروية إذ أضيف الكلور قبل أحواض الترويب .
- ٥ - كفاءة عالية فى إزالة الطعم والرائحة من الماء .
- ٦ - الحد من نمو الكائنات الحية الدقيقة داخل المرشح .

ج - إضافة الكلور فى أكثر من موقع (Multiple chlorination) :

وهذه الطريقة تتبع إذا كانت المياه راتبة والتلوث البكتيرى عالى نسبياً إذ حسن فى هذه الحالة إضافة الكلور فى أكثر من نقطة على مسار الماء فى محطة النقية لضمان كفاءة عملية الكلورة .

كما تستعمل هذه الطريقة إذا خزنت المياه المرشحة فى خزانات مكشوفة ففى مثل هذه الحالة يجب إضافة الكلور فى مخارج المياه من الخزانات المكشوفة بالرغم من سابق إضافة الكلور فى محطة النقية .

د - إضافة الكلور بجمرات عالية ثم إزالة الكلور الزائد:

Super chlorination followed by dechlorination

والمقصود بذلك . إضافة الكلور بجمرات زائدة عن المقرر قد تصل إلى ٢ أو ٣ جزء في المليون . وهذا يمكن الحصول على كفاءة وفاعلية عالية لمعالجة الكلور بالإضافة إلى إبادة كميات كبيرة من المواد العضوية والطحالب التي قد تتواجد في الماء مسببة بعض الطعم والرائحة :

وهذه الطريقة تتميز بالمميزات الآتية :

- ١ - كفاءة وفاعلية عالية لتأثير الكلور على البكتيريا .
- ٢ - أكسدة الكلور للمواد العضوية التي قد تتواجد في الماء .
- ٣ - اخذ من الطعم والرائحة التي قد توجد في الماء .
- ٤ - إبادة الكائنات الحية الدقيقة التي تقاوم الحرارة العادية للكلور .

على أنه يلزم إزالة الكلور الزائد بعد التأكد من تمام قتل الكلور لبكتيريا وذلك لعدم من ضعف ورائحة الكلور النفاذة في المياه .

وطرق إزالة الكلور الزائد هي :

- ١ - إضافة ثاني أكسيد الكبريت (Sulfur dioxide) إلى الماء بجمرات حوائى ١.٥ جزء في المليون لكل جزء في المليون من الكلور المراد إزالته وفي هذه الحالة يتفاعل ثاني أكسيد الكبريت مع الكلور الزائد كما هو موضح بالمعادلة :

ثاني أكسيد كبريت + ماء + كلور - - - حامض كبريتيك -
حامض أيدروكلوريك .

ك ب آ + ٢ ايد + ١ كل - - - ك ب آ + ٢ ايد + ٢ كل بد

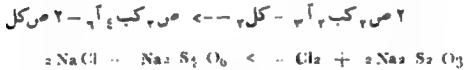


وكميات حامض الكبريتيك وحامض الكاوردريك الناتجة من التفاعل ضئيلة جداً ولا أهمية لها. كما يجب أن تمر فترة خمسة عشر دقيقة بعد اضافة ثاني أكسيد الكبريت قبل استعمال المياه .

٢ - اضافة ثيوسلفات الصوديوم (Sodium thio-Sulfate) إلى الماء ليتفاعل مع الكلور الزائد كما هو موضح في المعادلة :

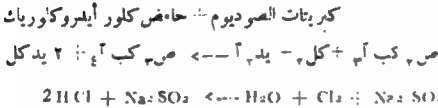
ثيوسلفات الصوديوم + كلور --> نتراتيونات الصوديوم .

كاورد الصوديوم .



٣ - اضافة كبريتيت الصوديوم (Sodium Sulfit) إلى الماء ليتفاعل مع الكلور الزائد كما هو موضح في المعادلة :

كبريت الصوديوم --> كلور + مياه -->



٤ - تخزين الماء في أحواض مكشوفة لمدة ثلاثة أو أربع ساعات قبل الاستعمال وفي هذه الفترة يتصاعد الكلور الزائد في الجو .

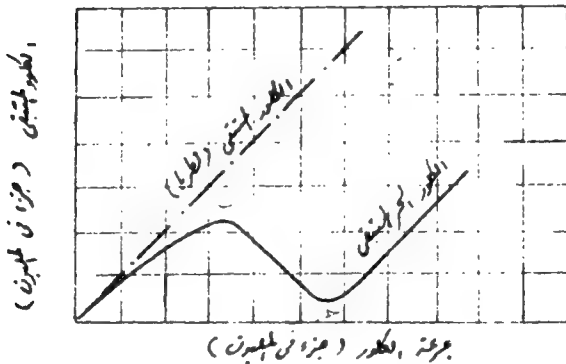
٥ - ترشيح الماء في طبقة من الكربون المنشط الذي يمتص الكلور الزائد .

٦ - مرج المياه المضاف إليها جرعات عالية من الكلور بمياه لم يصف إليها الكلور فتتبدلان .

هـ - اضافة الكلور مع تجاوز نقطة الكلير (Break point Chlorination)

عندها يتوحد المواد الغريبة في الماء على هيئة مركبات الأمونيا (نوشادر)

فإن الكلور المتبقى يتواجد على هيئة كلور حر أو كلور متحد مع الأمونيا مكوناً كلورامين - فإذا رسمنا المنحنى البياني الموضح للعلاقة بين جرعة الكلور والكلور المتبقى (شكل ١٠ - ٢) نجد أن الكلور المتبقى يأخذ في الإزدياد مع زيادة جرعة الكلور ابتداءً من النقطة أ حتى النقطة ب على المنحنى . ثم يأخذ في الهبوط حتى النقطة ج ثم يأخذ ثانية في الارتفاع .



شكل ١٠ - ٢

وتفسر هذه الظاهرة بأنه فيما بين النقطة أ . النقطة ب يوجد الكلور المتبقى على شكل كلور حر وكلور متحد في نفس الوقت فإذا زادت جرعة الكلور عن النقطة ب تكسرت مركبات الكلورامين . ومن ثم لا تظهر عند تقدير كمية الكلور المتبقى - ويستمر ذلك حتى النقطة ج التي يتم بعدها تكسير جميع الكلورامين ولم يبق ظاهراً في الماء إلا الكلور المتبقى الحر . ولذلك تسمى نقطة التكسير (Break point) .

ثم يأخذ بعدما الكلور المتبقى في الازدياد - وابتداء من هذه النقطة يكون كل الكلور المتبقى كلور حرا وليس متحداً . وطريقة اضافة الكلور إلى الماء بجرعات تكفي للوصول إلى ما بعد النقطة ج على المنحنى يسمى (Break point Chlorination) - أى اضافة الكلور حتى ما بعد النقطة التي تنكسر فيها جميع الكلورامينات - كما أنها تسمى أحياناً (free residual chlorination) إذ أن كل الكلور المتبقى فيها يكون كلور حرا وليس متحداً .

وتتميز هذه الطريقة بأنها تعطي نتائج عالية في كل من القضاء على البكتيريا والحد من الطعم والرائحة في المياه - إلا أن تطبيقها ليس سهلاً أو متشابهاً في جميع الحالات نظراً لاختلاف تركيز المواد العضوية في المياه من المصادر المختلفة بل لتغير تركيز المواد العضوية في مياه المصدر الواحد من يوم إلى آخر على مدار السنة . لهذا يجب عمل تجارب لتقدير جرعة الكلور في كل حالة على حدة بل من وقت لآخر لمياه تؤخذ من مصدر واحد .

و - استخدام الكلورامين لتطهير المياه (Chlorine Amonia Treatment) :
وهو ما يسمى أحياناً (Chloramination) .

وفي هذه الحالة يضاف النوشادر (الأمونيا) إلى الماء قبل اضافة الكلور وتكون جرعة النوشادر حوالى ٠.٠٦ جزء في المليون بينما تكون جرعة الكلور حوالى ٠.٢٥ جزء في المليون وفي هذه الحالة يضاف النوشادر بأجهزة خاصة تسمى (Amoniators) وهى تشبه إلى حد كبير أجهزة اضافة غاز الكلور على أن تصاف الأمونيا في الماسورة الرئيسية للمياه قبل دخولها إلى خزان المياه النقية ويعقبها بمسافة حوالى عشرة مترات اضافة الكلور .
وتتميز هذه الطريقة بالآتى :

٢ - كفاءة عالية في التطهير عند تواجد كميات كبيرة نسبياً من المواد العضوية .

٣ - يستمر تأثير الكلور مدة طويلة .

ولهذا السبب يتصح دائماً باستعمال هذه الطريقة إذا كانت شبكات مواسير التوزيع تمتد إلى مسافات بعيدة ونحشى من تواجد البكتيريا في الأماراف البعيدة منها إذا استعمل الكلور فقط لأغراض التطهير .

٤ - توفير في جرعة الكاور (حوالي ثلث الجرعة) ونظراً لارتفاع ثمن الكلور بالنسبة لانشادر فان ثمن الخليط يكون أقل من ثمن الكاور في حالة استعماله وحده .

٥ - عدم تهيج الجلد والعين من الكلورامين بينما يتهيج الجلد والعين باستعمال جرعات عالية نسبياً من الكلور - وأثر هذا يبدو واضحاً في حمامات السباحة .

٦ - لا يوجد خلطورة من اضافة جرعات عالية على سبيل الخطأ من العامل في محطة التنقية .

الباب الحادى عشر

ازالة الاملاح الذاتية فى الماء

Demineralization of Water

وهذه تشمل إزالة الأملاح المسببة لعمى الماء . إزالة مركبات الحديد والمنجنيز . وإزالة الأملاح المسببة للتعلم .

١ - ازالة عسر الماء.

(Water Softening)

يسمى الماء عسراً (Hard water) إذا احتوى نسبة عالية من أملاح الكالسيوم أو المغنسيوم أو الحديد أو الألمنيوم - إلا أن أهم الأملاح المسببة لعسر الماء هي :

- ١ - كربونات الكالسيوم وتذوب في الماء حتى ١٥ جزء في المليون .
- ٢ - بيكربونات الكالسيوم وتذوب في الماء حتى ٣٨٥ جزء في المليون .
- ٣ - كربونات المغنسيوم وتذوب في الماء حتى ٧٢٠ جزء في المليون .
- ٤ - بيكربونات المغنسيوم وتذوب في الماء حتى ١٩٥٠ جزء في المليون .
- ٥ - كبريتات الكالسيوم وتذوب في الماء حتى ٢٠٠٠ جزء في المليون .
- ٦ - كبريتات المغنسيوم وتذوب في الماء حتى ٣٤٥٠٠٠ جزء في المليون .

أما أملاح الحديد والألمنيوم فنادراً ما تتواجد في الماء للدرجة التي تسبب عسراً ملحوظاً . وتختلف درجات عسر الماء تبعاً لكمية الأملاح المسببة للعسر .

ويمكن تقسيم الماء بالنسبة لعسره للدرجات الآتية :

- ١ - ماء يسر : وهو الذي يحتوي على الأملاح المذكورة أعلاه بحد أقصى أقل عن خمسين جزء في المليون .
- ٢ - ماء متوسط العسر : وهو الذي يتراوح فيه تركيز الأملاح بين خمسين ومائة وخمسين جزء في المليون .

٣ ماء عسر : وهو الذى يحتوى على أملاح مسببة للعسر تركيز يتراوح من مائة وخمسين إلى ثلاثمائة جزء فى المليون .

٤ - ماء شديد العسر : وهو الذى يحتوى على أملاح مسببة للعسر تركيز أكبر من ثلاثمائة جزء فى المليون .

كما يقسم العسر الى نوعين :

١ - عسر ناتج عن أملاح الكربونات والبيكربونات (Carbonate Hardness)

وكان يسمى خطأ بالعسر المؤقت نظراً لإمكان إزالته بالتسخين الذى يذيب تصاعد ثنى أكسيد الكربون من البيكربونات الذائبة فى الماء محالماً .
هـ رائه الكربونات التى لا تذوب فى الماء .

بيكربونات كلسيوم (بالتسخين) -->

كربونات كلسيوم ماء : ثنى أكسيد لأكربون

كما (ك أم يد) --> ك ك أم . يد آ ك آ



٢ عسر نتيجة أملاح الكبريتات (Non - Carbonate Hardness)

وهو ما كان يسمى خطأ بالعسر المستديم نظراً لعدم إمكان إزالته بالتسخين

عيوب عسر الماء

١ كما : إذا عسر الماء زاد استهلاك الصابون وذلك لأن الماء العسر لا يجيد رغوة مريضة مع الصابون بسبب تفاعل الأملاح المذابة للعسر مع المركبات الدهنية الموجودة فى الصابون .

ويقدر أن كل ارتفاع فى عسر الماء قدره جزء فى المليون يسبب زيادة فى استهلاك الصابون حوالى ٠.١ كيلوجرام لكل متر مكعب .
استعمل فى الغسيل .

٢ - غسل الملابس بالماء العسر يسبب نقصاً في متانة الأقمشة مما يتقص من مدة بقائها صالحة للاستعمال حوالي ٢٥ ٪ من عمرها الأصلي .

٣ - يفقد الماء قدرته على التنظيف إذ تسد أملاح الكالسيوم كل من مسام الأقمشة والجلد .

٤ - يتعارض عسر الماء مع عملية الصباغة للأقمشة فيبدو الألوان غير متجانسة متفاوتة التركيز .

٥ - يتعارض عسر الماء مع عرايات طوى وتعليب الأضمة . إذ يكسب الطلاء لوناً وطعماً غير مستساغ ويزيد الزمن اللازم لطلاءه .

٦ - يسبب عسر الماء متاعباً في الكثير من الصناعات مثل صناعة الورق والحديد الصناعي وتجهيز المنسوجات .

٧ - عند استعمال الماء العسر في الغلايات يترسب على جوانب الغلاية الأملاح مكونة قشرة عازلة بين مصدر الحرارة والماء في الغلاية مما يسبب نقص في كفاءة الغلاية وزيادة في الوقود المستهلك .

٨ - إذا حدث تشقق في قشرة الأملاح هذه فإن الماء يصل إلى جدران الغلاية خلال هذه الشقوق فجأة مما يسبب تبخر مفاجئ للماء - الأمر الذي قد ينتج عنه انفجار للغلاية .

٩ - يؤدي استعمال الماء العسر للشرب إلى الإصابة بالاضطرابات المعوية كالإسهال وغيره - كما قد يؤدي إلى التهابات في الجلد أو يضر شعر الرأس .

طرق إزالة عسر الماء

لكل العيوب السابق ذكرها يجب إزالة عسر الماء قبل استعماله . لأن درجة الإزالة تختلف باختلاف الأغراض المستعملة فيها المياه فربما يمكن تجاوز على عسر الماء حتى درجة خمسين في المليون في الاستعمالات المنزلية . فإنه يجب إزالة العسر تماماً للماء المستعمل في الأغراض الصحية .

وهناك طرق عديدة لإزالة عسر الماء إلا أن أهمها :

استعمال كربونات الصوديوم والجير .

استعمال الزيوليت .

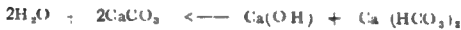
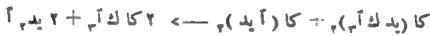
استعمال الزيوليت والجير .

١- استعمال كربونات الصوديوم مع الجير

(Lime & Soda ash Process)

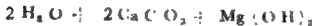
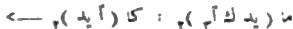
وفي هذه الطريقة يضاف كل من الجير وكربونات الصوديوم إلى الماء فتتفاعل مع الأملاح الذائبة في الماء والنسبة لعسر كما تظهر في المعادلات الكيميائية الآتية والتي ينتج عنها تكوين أملاح كربونات الكالسيوم الغير قابلة للذوبان :

١ - بيكربونات الكالسيوم + جير <--> كربونات كالسيوم - ماء



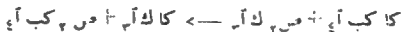
٢ - بيكربونات المغنسيوم + جير <-->

إيدروكسيد مغنسيوم + كربونات كالسيوم + ماء



٣ - كبريتات كالسيوم + كربونات صوديوم <-->

كربونات كالسيوم + كبريتات صوديوم



٤ - كبريتات المغنسيوم + جير + كربونات صوديوم -->

إيدروكسيد مغنسيوم + كربونات كالسيوم + كبريتات صوديوم

ما ك ب ا + كا (أيد) + ص ص ك ا -->

ا (أيد) - كا ك ا - ص ص ك ب ا



وبدراسة المعادلات أعلاه نجد أن الجير يقوم بإزالة العسر الناتج من بيكربونات الكالسيوم وبيكربونات المغنسيوم - وتقوم كربونات الصوديوم بإزالة العسر الناتج من كبريتات الكالسيوم بينما يلزم الأمر استعمال كل من كربونات الصوديوم والجير لإزالة العسر الناتج من كبريتات المغنسيوم .
وبضاف كل من الجير وكربونات الكالسيوم بعد تقدير الجرعة اللازمة لكل منهم بواسطة أجهزة خاصة تشبه أجهزة إضافة الشب .

وتتوقف هذه الجرعة وكذلك كفاءة التفاعل على العوامل الآتية :

١ - درجة عسر الماء وبديهي أنه كلما زاد عسر الماء زادت الجرعة اللازمة .

٢ - درجة الحرارة - تساعد درجة الحرارة على سرعة وكمال التفاعل الكيماوى .

٣ - جودة التقييب - إذ يجب أن يتم تقييب المواد الكيماوية (الجير وكربونات الصوديوم) في الماء لغمان انتشارها بانتظام في جسم الماء .

٤ - إضافة الشب إلى الماء بعد أن يتم التفاعل الكيماوى انزلى الماء يساعد على ترسيب كربونات الكالسيوم الناتجة من هذا التفاعل والذي يصعب ترسيبها إذا كانت دقيقة الحبيبات (غروية) .

طرق اضافة ومزج الجير وكربونات الصوديوم بالماء :

بم التحكم في كمية الجير او كربونات الصوديوم المضافة إلى الماء بواسطة أجهزة خاصة لتغذية الماء بالكيمائيات (chemical feeders) وهذه الأجهزة كما سبق ذكره في شرح طرق اضافة المروبات إلى الماء . تنقسم إلى قسمين :

- ١ - Solution feeders وفيها تم اضافة الجير أو كربونات الصوديوم على هيئة محلول معلوم التركيز . وبواسطة هذه الأجهزة يمكن التحكم في كمية المحلول المضاف إلى الماء ومن ثم كمية الجير أو كربونات الصوديوم .
- ٢ - Dry feeders وفيها تم اضافة الجير أو كربونات الصوديوم على هيئة مسحوق يضاف إلى الماء بنسب معينة .

على أنه في كلا الحالتين يجب أن يتم المزج ما بين الكيمائيات المضافة والماء بسرعة لضمان انتشارها بانتظام في جسم الماء - وهذا ما يسمى بالمزج السريع (Flash mix) يعقبه تملب في أحواض خاصة (Gentle mixing tanks) لمدة حوالي ثلاثين دقيقة في أحواض مشابهة لأحواض الترويب المستعملة في الترسيب الكيماوي للمياه . وبعد أن تتم عملية المزج هذه ينتقل الماء إلى أحواض الترسيب حيث يترك لمدة قد تصل إلى ستة ساعات لترسب فيها الألاح الغير قابلة للذوبان والتي نتجت من التفاعل الكيماوي .

وبطراً لاحتمال وجود كمية من كربونات الكالسيوم الزائدة الدقيقة التي لم يتم ترسيبها طبعياً بفعل وزنها فإنه يمكن بعد ذلك اضافة الشب (alum) إلى الماء لترويب ما لم ترسب من كربونات الكالسيوم على أن يعقب ذلك الترسيب في أحواض مفصلة (راجع أحواض الترويب والترويق) ثم المرشحات الرملية الدرية لاحتجاز ما بقي في الماء من شوائب - وبذلك يصير

خط سير الماء (Flow diagram) في محطة تنقية وإزالة عسر الماء كما هو موضح في (شكل رقم ١١ - ١) .

مزايا استعمال كربونات الصوديوم والجير :

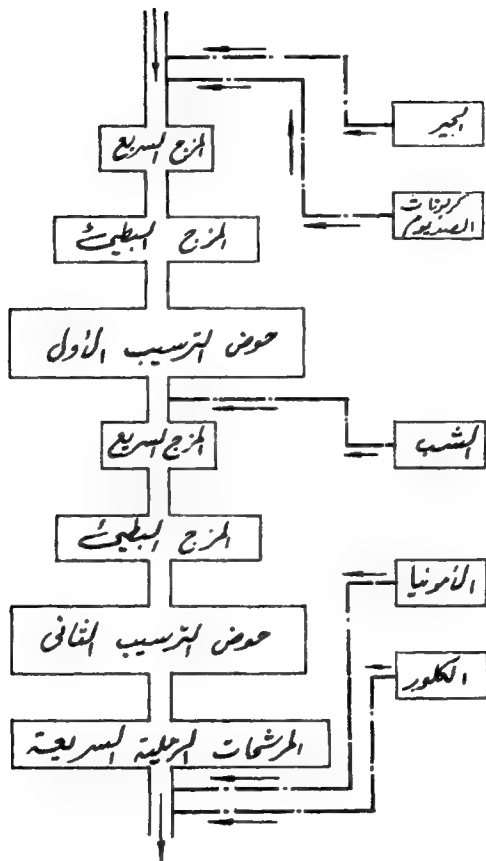
- ١ - اقتصادية خاصة إذا كان عمر الماء ناتجاً من أملاح الكربونات .
- ٢ - الماء المزال عسره بهذه الطريقة يميل إلى ترسيب طبقة من الرواسب على جدران المواسير منتجاً عنها وقاية للمواسير من التآكل .
- ٣ - تتم إزالة أملاح الحديد والمنجنيز في نفس الوقت مع إزالة العسر كما تحسن الصفات البكتريولوجية للماء .
- ٤ - الماء الناتج بعد العملية مستساغ الطعم .

أما عيوب هذه الطريقة :

- ١ - الماء الناتج لا يزال به بعض العسر إذ أن كربونات البكاسيوم الناتج من التفاعل الكيماوى يسبب بعض العسر إذ يذوب في الماء حتى خمسة عشر جزء في المليون .
- ٢ - تحتاج إلى عناية وإشراف دقيق .
- ٣ - تحتاج إلى مساحة كبيرة للأحواض والرشحات .
- ٤ - كمية الرواسب الناجمة كبيرة نسبياً مما يتيح عنه صعوبات في التخلص منها .
- ٥ - صعوبة التطبيق إذا كان عمر الماء منخفضاً أصلاً .
- ٦ - الأولية غير مجزية اقتصادياً في أخطاط الصغيرة .

ب - استعمال الزيوليت في إزالة عسر الماء : Zeolite Softening process

الزيوليت هو مركب ركبته أصلاً رودلف جامس (Rudolf Gams) من الكاولين والزلزل والصدود والتركيب الكيماوى للزيوليت هو $(Na Al Si O_4)$ في مأكات صوديوم والمنيوم .



(شكل رقم ١١-١)

خط سير المياه في محطة إزالة عسر الماء

نظرية التشميل :

تتميز حبيبات الزيوليت بأنه عند مرور الماء العسر في مسامها يحدث تفاعل تبادل بين الكالسيوم والمغنسيوم من ناحية والصوديوم الموجود في الزيوليت من ناحية أخرى فيكون زيوليت الكالسيوم والمغنسيوم الذي لا يذوب في الماء بينما تذوب كبريتات الصوديوم التي لا تسبب عسراً للماء وتخرج معه .

ويستمر هذا التفاعل ما بين أملاح الكالسيوم والمغنسيوم من ناحية وزيوليت الصوديوم من ناحية أخرى إلى أن يتحول كل زيوليت الصوديوم إلى زيوليت الكالسيوم أو المغنسيوم .

زيوليت الصوديوم + كبريتات الكالسيوم —>

كبريتات الصوديوم - زيوليت الكالسيوم

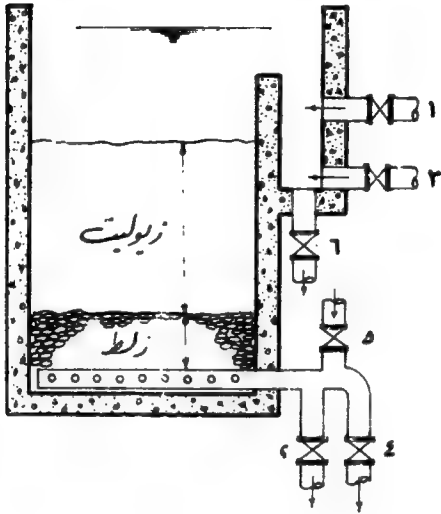
ولقد وجد أنه يمكن إعادة زيوليت الكالسيوم أو المغنسيوم إلى زيوليت الصوديوم ثانية وذلك بتزوير محلول ملح الطعام (كلوريد الصوديوم) في مسام حبيبات زيوليت الكالسيوم أو المغنسيوم فيحدث تفاعل تبادل ينتج عنه زيوليت الصوديوم الذي يبقى على شكل حبيبات بينما يذوب كلوريد الكالسيوم والمغنسيوم في الماء وتخرج معه وتسمى هذه العملية بعملية الانشيط أو إعادة الحيوية عادة المُرْشَح (Regeneration) .

زيوليت الكالسيوم + كلوريد الصوديوم —>

كلوريد الكالسيوم + زيوليت الصوديوم

طرق التشميل :

يتم إزالة العسر بواسطة الزيوليت بتزوير الماء العر في مرشح يشابه إلى حد كبير المرشح الرمل السريع وهو يعمل أيضاً إما بالانحدار الطبيعي (Gravity) (شكل ١١ - ٢) أو تحت ضغط (Pressure) (شكل ١١ - ٣) والمرشحات التي تعمل بالانحدار الطبيعي عبارة عن صندوق من مادة

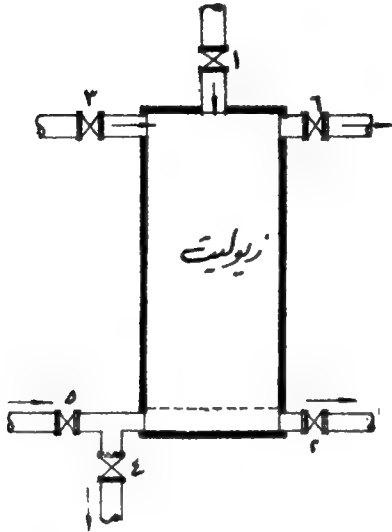


(شكل رقم ١١-٢)

مرشح زبوليت

صماء من الخرسانة أو الصلب وفي قاع الصندوق توجد شبكة من المواسير المثقبة الغرض منها صرف المياه من المرشح - تعاد هذه الشبكة طابقة من الزلط بارتفاع ٣٠ سم ثم طبقة من زبوليت الصوديوم بارتفاع ٢٠ متر .

والنوع الثاني الذي يعمل بالضغط يتكون من اسطوانة رأسية محكمة أذا رأسية أو أفقية والاسطوانة في قاعها شبكة صرف المرشح بها الزلط ثم طبقة زبوليت الصوديوم .



(شكل رقم ١١ - ٣)

مرشح زيوليت بالضغط

والمرشح كما هو مبين في شكل رقم (١١-١١.٢-٣) مزود بالصمامات الآتية

- ١ - مدخل المياه العسرة .
- ٢ - مخرج المياه بعد ازالة العسر .
- ٣ - مدخل محلول كلورور الصوديوم .
- ٤ - مخرج محلول كلورور المغنسيوم والكالسيوم :
- ٥ - مدخل مياه التسيل .
- ٦ - مخرج مياه التسيل .

خطوات التشغيل :

أ - إزالة العسر (Softening) :

تدخل المياه العسرة من الصمام ١٠ فتمر في خلال زيوليت الصوديوم فيتم التفاعل التبادلي السابق ذكره وتخرق طبقة الزلط ثم شبكة واسبر صرف المرشح إلى خارج المرشح من الصمام ٢٠ .

ب - عمليّة التنشيط (Regeneration) :

بعد أن تنحول جميع حبيبات زيوليت الصوديوم إلى حبيبات من زيوليت الكنسيوم يوقف تشغيل المرشح بقفل الصمام (١) . (٢) ثم يفتح الصمام (٣) . (٤) لينقل محلول كلورور الصوديوم ويتم التبادل السابق ذكره وتنحول الحبيبات إلى زيوليت الصوديوم مرة أخرى .

ج - عمليّة الغسيل (Washing) :

وهذه المرحلة يأتي بعد أن تتم عمليّة التنشيط . والغرض منها هو إزالة آثار كلورور الصوديوم من جانراين المرشح وشبكة الصرف وحبيبات الزلط وزيوليت الصوديوم والاحتواء المياه التي تمر في المرشح على بعض الأملاح مما يجعل طعمها غير مستساغ .

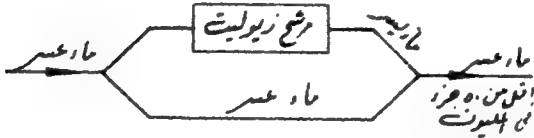
وتتم هذه العملية بفتح الصمام (٥) فتندفع المياه إلى أعلى مسببة اضطراب في حبيبات الزيوليت مما يساعد على إزالة آثار كلورور الصوديوم منها وكذلك يساعد على إزالة ما قد يكون في مسامها من شوائب وتخرج المياه من الصمام رقم (٦) .

مزاياء طريقة الزيوليت :

- ١ - تشغيل جهاز أقل من طريقة الجير و كربونات الصوديوم .
- ٢ - تزيل كل العسر مما يناسب بعض الأغراض الصناعية .
- ٣ - لا يذث من اتباعها واسب يجب التخلص منها .
- ٤ - سريعة الإنتاج - لا تحتاج لوقت للتقاييم ثم الترميب .
- ٥ - تناسب العماليات الصغيرة .

الا ان لها الميوب الالية :

- ١ - تزيل كل العسر مما يجعل الطعم غير مستساغاً لئلا يرب وناث
- يتمثل دائماً أن يمزج الماء الناتج منها بعض الماء العسر لاحتياجها طعماً مقبولاً
- (شكل رقم (١١ - ٤) .



(شكل رقم ١١ - ٤)

خط سير المياه في عمليات الزيوليت

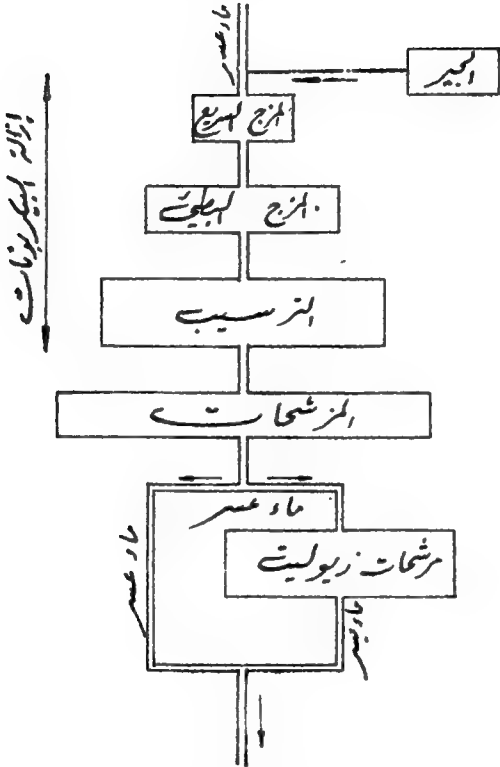
- ٢ - المياه العسرة التي تحتوي على عكارة أو أملاح الحديد تفر بالزيوليت وإذا لا يفضل استعمالها مع مثل هذه المياه .
- ٣ - المياه بعد إزالة عسرها قد تسبب تأكل في المواسير الحديدية .

ج- استعمال الزيوليت والجير

(Lime Zeolite Process)

والفرض من استعمال الجير مع الزيوليت هو الإقتصاد في تكاليف الزيوليت باستعمال الجير لإزالة العسر الناتج عن أملاح الكربونات والبيكربونات ثم استعمال الزيوليت لازالة العسر الناتج من أملاح الكبريتات - أى أن الزيوليت يحل محل كربونات الصوديوم - وبدهى أن هذه الطريقة تنبع عن تعثر المحصول على كربونات الصوديوم أو كان سعرها أعلى من سعر كلورور الصوديوم الذى يستعمل في إعادة تنشيط الزيوليت. وبذلك يصبح خط سير الماء في محطة إزالة عسر الماء بهذه الطريقة كما هو موضح بالشكل ١١ - ٥ .

كما تتميز هذه الطريقة بأن الماء الناتج منها قد أزبل عسره تماماً مما يجعله صالحاً للاستعمالة - إلا أنه إذا أريد استعماله للشرب وجب إضافة بعض الماء العسر إليه لجعله مستساغ الطعم كما سبق ذكره (شكل ١١ - ٤) .



(شكل رقم ١١ - ١٥)

خط سير المياه في عمليات الجير والزيوليت

ب - ازالة مركبات الحديد والمنجنيز

Iron & Manganese Renaval

ينسب وجود أملاح الحديد والمنجنيز في الماء بكميات تزيد عن ٠.٣ جزء في المليون لكل منهما إذا كانا على انفراد أو عن ٠.٥ جزء في المليون لهما معا إذا تواجدوا في نفس الماء . في كثير من المناطق التي أهمها :

١ - تواجد طعم في المياه .

٢ - تلويث الملابس والأدوات المنزلية والمعدات الصحية في الحمامات

٣ - تكوين قشور من صدأ الحديد داخل المواسير الحديدية مما يزيد من مقاومتها لسير المياه فيها ويقلل من مساحة مقطعها .

٤ - يتواجد في المياه المحتوية على تركيز عالي لمركبات الحديد الكثير من بكتريا الحديد (Iron & bacteria - Crenothrix) مما يزيد من سرعة تكوين القشور المذكورة أعلاه وكذلك يقلل من قطاع المواسير - كما يساعد وجود مركبات المنجنيز على تولد أنواع خاصة من الكائنات الدقيقة في الماء مما يسبب المزيد من المتاعب .

٥ - يتكسد المنجنيز الذائب في الماء مكونا رواسب في المواسير مما يقلل من مساحة قطاعها وكفاءتها لنقل الماء .

طرق ازالة الحديد والمنجنيز

تتوقف طريقة ازالة أملاح الحديد والمنجنيز على طبيعة وجودهما في الماء - ولذلك نحن نعمل تجارب معمّية على عينة من الماء لتقرير الطريقة المناسبة للفعالة - ومن الطرق المستعملة لهذا الغرض : اضافة الكلور .

مرشحات الزيوليت - اضافة الجير - الا أن أهم هذه الطرق هو تهوية الماء لترسيب والترشيح .

وتستعمل التهوية في الماء لأكثر من غرض منها التخلص من الغازات الذائبة في الماء مثل غاز كبريتور الهيدروجين - ثاني أكسيد الكربون - وكذلك في ازالة الروائح من الماء . ويتم هذا بطريقة ميكانيكية دون تدخل كيميائي لأية أملاح ذائبة في الماء إذ تطرد المياه ما فيها من غازات ليحل محلها الأكسجين وغيره من غازات الجو الذي لا تسبب طعماً للمياه .

أما استعمال التهوية لازالة أملاح الحديد والمنجنيز فيتضمن تفاعلاً كيميائياً بين أملاح الحديد الذائبة على هيئة أملاح الحديدوز (Ferrous salts) والأكسجين الجوي مما يتولّد إلى أملاح الحديديك (Ferric salts) التي لا تلوّب في الماء مما يسهل ترسيبها أو ترشيحها .

والأكسجين اللازم لازالة مركبات الحديد من الماء هو ٠.١٤ جزء في المليون لكل جزء في المليون من الحديد المطلوب ازالته - وتتوقف كفاءة عملية التهوية على مساحة المسطح المائي الذي يتعرض للهواء وكذلك مدة بقاء هذا السطح معرضاً للهواء .

وهناك أكثر من طريقة للتهوية

١ - استعمال النافورات (spray nozzles) التي بضغط خلالها الماء وفي هذه الطريقة كلما صغرت قطرات الماء زادت المساحة الكلية المعرضة للتهوية مما يزيد من كفاءتها : إلا أن مدة بقاء قطرات الماء معرضة للهواء لا تتجاوز ثوان معدودة مما يحّد من فائدتها ، كما يعيب هذه الطريقة احتياجها لمساحات كثيرة تشغلها النافورات - وكذلك احتياجها لضغط عالى لدفع الماء في النافورات .

٢ - استعمال الشلالات المتتالية المتكونة من عدد من السالام تنكسر عليها الماء في طبقات رقيقة تساعد على تخاضل الهواء فيها مما يسبب التهوية اللازمة لها .

٣ - الهوايات ذات الصواني المتعددة (Multiple - tray aerater)

وهذه تتكون من عدد من الصواني المثقبة تعلو بعضها البعض بحيث تكون المسافة بين كل منها حوالي نصف متر - وكل من هذه الصواني تحتوي على طبقة من فحم الكوك (coke) أو الخبث المتخلف من صهر المعادن (slag) أو الحجارة أو الكرات الخزفية (ceramic balls) بارتفاع يتراوح من ٢٠ إلى ٣٠ سنتيمتر في كل صنية - على أن تراوح أحجام هذه الكرات من ٥ - ١٠ سنتيمتر وفي هذه الطريقة ترش الماء على الصنية العليا على هيئة قطرات ماء تنساقط من صنية مثقبة كذلك فوق الصنية العليا - والشقوق في المصافي تراوح أقطارها من ١ - ١.٥ سنتيمتر والمسافة بينها تراوح من ٥ - ٨ سنتيمتر وترش الماء منها بمعدل يتراوح من ٢٥٠ - ٥٠٠ لتر في الدقيقة لكل متر مربع من المساحة الكلية للصواني .

٤ - التهوية بهواء المضغوط (Diffused air aerater)

وتتكون هذه من أحواض خرسانية بأعماق تراوح من ٣ إلى ٥ أمتار تنقى فيها الماء من خمسة إلى ثلاثين دقيقة - وفي أسفل هذه الأحواض توضع شبكة من المواسير المثقبة أو المزودة بكرات أو أقراص مسامية تخرج منها الهواء (air diffusers) - ويضغط الهواء في هذه المواسير ليخرج من الشقوق أو الكرات المسامية على شكل فقاعات - كلما صغر حجمها زادت فاعليتها في التهوية - ويفضل ان توضع هذه المواسير بحيث تكون محصلة الحركة الافقية للماء في الحوض والحركة الرأسية لفقاعات الهواء

المساعدة من الثقب . هي حركة حلزونية للخليط الماء والهواء مما يزيد من فاعلية وكفاءة عملية التآوية (Spiral flow) .

وتتميز هذه الطريقة بإمكان التحكم في فترة بقاء الماء في الحوض ويطول هذه الفترة نسبياً كما أنها تساعد على ترويب المواد العالقة إذا أضيفت المروبات في نفس الحوض مما يساعد على ترسيب أملاح الحديد في أحواض تالية .

جـ - إزالة الأملاح المسببة للظلم

Desalination of Water

تم إزالة الملوحة المسببة للظلم في الماء مما يحد من استعمالها الأغراض المنزلية بكثير من طريقة :

١ - طريقة Electrochemical or Electrodialysis

وفي هذه الطريقة تتعرض المياه لمجال كهربائي يوضع قطبين أحدهما موجب (anode) وآخر سالب (Cathode) في حوض تمر فيه المياه . وبذلك تحل الأملاح الموجودة في الماء إلى أيونات موجبة وأخرى سالبة وتتحرك الأيونات الموجبة (anions) نحو القطب السالب والأيونات السالبة (cations) نحو القطب الموجب - على أن توضع في مسار الأيونات المحركة عدداً من الأغشية (membrane) من مواد كيميائية خاصة تحمل بعضها شحنات كيميائية موجبة والأخرى شحنات سالبة (بحيث لا يتجاوز غشائين بذور الشحنة) وعندما تمر المياه في الغرف المتكونة بين هذه الأغشية تتناقل الأيونات الموجبة النافذة من تحلل الأملاح في الماء . مع الغشاء ذو الشحنة الموجبة بينما تنجذب اليه وتمر خلاله الأيونات السالبة - وكذلك يتناقل الغشاء ذو الشحنة السالبة مع الأيونات السالبة بينما ينجذب اليه وتمر خلاله الأيونات الموجبة .

وتستعمل هذه الطريقة بنجاح إذا لم يتجاوز تركيز الأملاح في الماء عن خمسة عشر جزء في المليون - كما يجب أن تكون المياه المعالجة بهذه الطريقة رافقة خالية من العكارة .

٢ - طريقة Reverse Osmosis

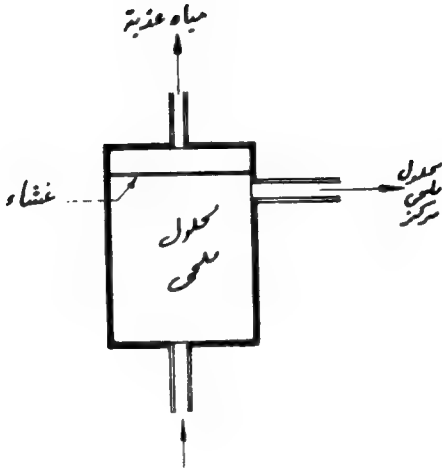
وتتكون هذه الطريقة في عملها على نظرية الضغط الأوسموس التي تتأخذ في أن الأغشية من بعض المواد الكيميائية الخاصة تسمح بمرور الماء خلالها إذا كانت تحصل بينه وبين محلول ملحي تحت تأثير ما يسمى بالضغط الأوسموس - وبالعكس إذا تعرض المحلول الملحي لضغط أكبر من الضغط الأوسموس فإن الماء سينفذ من المحلول الملحي إلى غرفة المياه العذبة ودو ما يسمى بالضغط الأوسموس المتعكس (Reverse Osmosis) مما يمكننا من الحصول على مياه خالية من الأملاح بينما يزيد من تركيز الأملاح في المحلول (شكل ١١ - ٧)

ويتوقف الضغط اللازم لتشغيل تبعاً لهذه النظم على نوع الغشاء المستعمل وعلى درجة تركيز الأملاح في الماء المراد اعتذابه - ويقرر هذا الضغط بما يتراوح من ٥٠ كيلوجرام إلى ١٠٠ كيلوجرام على السنتيمتر المربع لانسياه المالحه التي يلعب تركيز الأملاح فيها من ٥٠٠٠ إلى ٣٥٠٠٠ جزء في المليون - كما أن معدل إنتاج المياه العذبة يتراوح عندئذ من ١٠٠ لتر إلى ٥٠٠ لتر للتر المسطح في اليوم .

ويجب ملاحظة تحميل الغشاء بحيث يقاوم هذا الضغط العالي إذ أنه عادة لا يقاوم الضغط العالي . ويتم ذلك بوضع الغشاء بين قرصين مساميين من مادة ضلبة تتحمل الضغط .

٣ - طريقة التبادل الأيوني Ion - exchange

تتوة: نظرية التشغيل بطريقة التبادل الأيوني على الخاصية التي تتميز بها بعض المسبوات الحبيبية بقدرتها على تبادل ما فيها من أيونات معينة



(شكل رقم ١١ - ٧)

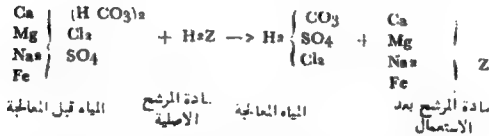
مع أيونات أخرى موجودة في المحلول الذي يتخللها (ion exchange material) فإذا ما أمررنا الماء الملحي في مرشح يحتوي على طبقة من حبيبات هذه المواد حدث هذا التبادل الأيوني. وبذلك تتخلص المياه من الأيونات المسببة لظهور المالحى فيه - إلا أن لهذا البادل نهاية عندما يتم استهلاك جميع الأيونات التي يمكن تبادلها مع الماء - وبذلك يبدأ خروج الماء من المرشح دون أن يفقد شيئاً من طعمه - الملحي - هنا نحتاج تجديد أو إعادة حيوية أو تشييط (regeneration) مادة المرشح بطريقة ما - وتتوقف هذه الطريقة على طبيعة المادة المستخدمة في المرشح .

ويمكن تقسيم المواد المستعملة في هذه الطريقة إلى ثلاثة أقسام رئيسية :

أ - مواد تعاد حيويتها بمرار محلول نيتريدوم خلالها وتسمى (Sodium exchanger or sodium zeolite) وقد سبق شرحها تفصيلاً في الحديث عن إزالة عسر الماء .

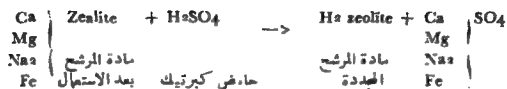
ب - مواد تعاد حيويتها بمرار محلول مخفف من حامض الكبريتيك أو كلورودريك خلالها (acid exchanger) وتسمى هذه المواد (Organolite Zeo-Krit-Cicex) كما تسمى أحياناً بالزيوليت الكاربونية (Carbonaceous zeolite) نظراً لأنها تصنع من الفحم كما تسمى أحياناً (hydrogen zeolite) نظراً لأن الأيون الذي تتبادله مع الماء المشحون هو الهيدروجين .

هذه المواد عندما يمر فيها الماء المتالح يحدث تبادل بين ما في الماء من أيونات الأملاح وبين ما فيها من أيونات الهيدروجين (Hydrogen zeolite) وبذلك يتحول ما في الماء من كبريتات أو كلوريدات أو بيكربونات المعادن إلى أحماض الكبريتيك أو الكاوردريك أو الكربونيك المخففة والذائبة في الماء . وذلك تبعاً للمعادلة :



وعندما يتم استهلاك جميع أيونات الهيدروجين تعاد تنشيط مادة المرشح بادرار محلول مخفف لأحد الأحماض الكبريتيك أو الكلورودريك خلال المرشح فتعود إلى مادة المرشح حيوية أي تركيبها الأصلي . كما في المعادلة :

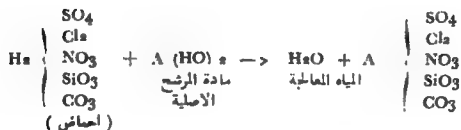
(٢٦)



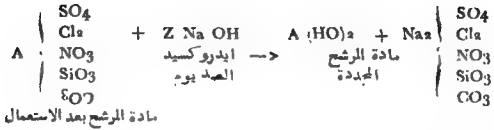
ومن ثم يمكن إعادة استعمالها دون أن تفقد منها شيئاً .

ويلاحظ أنه إذا زادت حموضة الماء المعالج بهذه الطريقة عن الحد المسموح به . فإنه يمكن معادلتها بإضافة كمية من المياه المحتوية على بعض القلويات لتصبح المياه في مكوناتها مطابقة للمواصفات المطلوبة .

ج - مواد تعاد حيويتها بمرار محلول قلوى خلالها وهي تسمى (OH exchanger) - هذه المواد تستعمل لامتصاص ما قد يتواجد في الماء من أمحاض الكبريتيك أو الكلور دريك أو غيرها من أمحاض تبعاً للمعادلة الآتية :



على أن تعاد حيوية هذه المادة بمرار محلول قلوى مثل محلول ايدروكسيد الصوديوم في المرشح فيتم تنشيط مادة المرشح باعادتها إلى تركيبها الكيماوي الأصلي أى تعود إليها أيونات الايدروكسيد كما في المعادلة :



والمياه التي ترشح خلال مرشحين أحدهما تحتوي على مادة تتبادل ما فيها من أيونات الهيدروجين مع أيونات المعادن الموجودة أصلاً في الماء والثاني تحتوي على مادة تتبادل ما فيها من أيونات الأيدروكسيد مع أيونات الأحماض الموجودة أصلاً في الماء تتساوى في صفاتها مع المياه المقطرة إلا أنها باهظة التكاليف ولذلك يقصر استعمالها في الأغراض الصناعية التي يلزم لها مياه خالية تماماً من جميع الأملاح والمعادن والأحماض .

الباب الثاني عشر

أعمال توزيع المياه

Water Distribution Works

وهذه تشمل كما سبق ذكره الوحدات الرئيسية الآتية :

-- محطات طلمبات الضغط العالي High Lift Pumping Stations

-- شبكات توزيع المياه Distribution pipe net works

-- أحواض التخزين العالية Elevated storage tanks

محطات الضغط العالي

يختار موقع الطلمبات هذه أقرب ما يكون إلى خزان المياه المرشحة -

على أن يتوافر فيها الشروط الآتية :

١ - أن يكون المبنى الخاص بها جميلاً من الناحية الهندسية والعمارة مما يزيد ثقة الجمهور في عمليات المياه في المدينة .

٢ - أن يالحق بها بئارة متصلة بخزان المياه الثقيلة عن طريق سحارة لتوصيل المياه من الخزان إلى البئارة . على أن تمتد إلى هذه البئارة مواسير السحب المتصلة بالطلمبات .

٣ - أن يكون حجم المبنى بالاتساع الكافي ليتسع عدد الطلمبات التي تستخدم المدينة في المستقبل بالرغم من عدم تركيبها حالياً . نظراً لعدم الحاجة إليها مؤقتاً .

٤ - أن يكون تخطيط المواسير داخل المبنى وكذلك الكابلات الكهربائية مما يسهل صيانتها وتشغيلها .

وبفضل في كثير من الأحوال أن يكون التخطيط العام لمحطة ضخ المياه فيها من طلمبات بحيث تكون طلمبات الضغط العالي وطلمبات الضغط الواسع في مبنى واحد مما يسهل الاشراف والتشغيل والصيانة مع الاقتصاد في عدد العمال والمشرفين والفنيين .

وتقوم محطات طلمبات الضغط العالى برفع المياه من بئر المياه النقية وضغطها في المواسير الموزعة في المدينة - على ألا يقل الضغط في أى نقطة في شبكة المواسير عن ٢٥ متر آ .

التصرف التصميمي لمحطة الطلمبات :

يتوقف التصرف الذى تصمم عليه محطة طلمبات الرفع العالى على العوامل الآتية :

- ١ - عدد السكان الذى يخدمهم المشروع .
 - ٢ - متوسط لاستهلاك السنوى (نتر / شخص / يوم) .
 - ٣ - التغيرات الموسمية التى تحدث في هذا المتوسط صيفاً وشتاءً .
 - ٤ - التغيرات من ساعة إلى ساعة في نفس اليوم للاستهلاك في المدينة .
 - ٥ - سعة خزانات المياه العالية .
 - ٦ - ساعات تشغيل محطة الطلمبات نظراً لأن هناك بعض الأحوال التى يفضل فيها تشغيل المحطة ساعات معدودة من اليوم بدلا من تشغيلها ٢٤ ساعة يومياً .
- ومن الناحية النظرية يمكن الاستغناء كلية عن الخزانات العالية إذا أمكن زيادة أو نقص التصرف الخارج من المحطة كما تغير معدل استهلاك المياه في المدينة - وفى هذه الحالة يجب أن يكون التصرف التصميمي للمحطة يساوى أقصى تصرف للمدينة (Peak demand load) مما يجعل عدداً كبيراً من وحدات المحطة عاطلاً معظم أيام العام - وهذا لا يتفق مع الجانب الاقتصادى للمشروع .

وبفضل غالباً أن يكون التصرف التصميمي لمحطة الطلمبات هذه مساوياً للتصرف اليه من أثناء فترة الصيف على أن يؤخذ في الاعتبار إضافة وحدات

رفع احتياطية (Standby Units) - لتعمل وقت دغأيل بعض الوحدات على أن يراوح تصرف هذه الوحدات الاحتياطية ما بين ثلث ونصف تصرف الوحدات الأساسية ضماناً لاستمرار تشغيل المحطة - على أن تعمل جميع الوحدات طول العام بالتأوب . وفي هذه الحالة تصمم الخزانات العالية لتقابل التغيرات من ساعة إلى ساعة في نفس اليوم- فعندما يكون استهلاك المدينة أقل من تصرف محطة الطلبيات يرتفع جزء من الماء في الخزانات العالية - حتى إذا ما كان استهلاك المدينة أكبر من تصرف محطة الطلبيات وحدنا رصيذاً من المياه في الخزانات العالية يخرج منها بالاعدار الطبيعي إلى شبكة التوزيع ليعوض النقص في تصرف محطة الطلبيات .

أنواع الطلبيات المستعملة :

تستعمل في محطات الضغط العالي أما طلمبات ماصة كاسبة Displace ment Pumps) أو طلمبات طاردة مركزية (Centrifugal pumps) وقد سبق الحديث عن هذه الأنواع إجمالاً .
الضغط التي تعمل ضده الطلبيات :

هذا الضغط يساوى الفرق بين منسوب المياه في بيارة المياه النقية ومنسوب الطلمبة وهو ما يسمى (Suction Head) مضافاً إليه الضغط الواجب توافده في شبكة المياه وهو ما يتمنى على أن يكون كافياً لتوصيل المياه إلى الطابق الرابع في المنازل - هذا الضغط عبارة عن :

- ١٤ متر- ارتفاع منزل ذو أربعة طوابق .
- ٥ متر- الفاقد في عمود الضغط داخل المواسير المنزلية .
- ٦ متر- عمود الضغط اللازم على الصنابير في المنزل .
- ٢٥ متر انجموع (ويفضل أن يصل إلى ثلاثين متراً) .

يضاف إلى ذلك أيضاً الفاقد في الاحتكاك نتيجة سير المياه في شبكة التوزيع من محطة الطلمبات إلى أقصى مكان في المدينة - أي أن :

$$H = H_s + h_d + h_m + h_f$$

حيث H = الضغط الكلى الذى تعمل محطة الطلمبات (متر) .

h_s = الفرق بين منسوب المياه في البئارة ومنسوب الطلمبات (متر)

h_d = عموود الضغط اللازم في شبكة المواسير في أبعد موقع في المدينة

ويساوى كما ذكر أعلاه ٢٥ متر أ .

h_f = الفاقد في الاحتكاك في شبكة التوزيع (متر) .

h_m = الفوقد الثانوي في شبكة التوزيع (متر) .

وبذلك تكون قوة الطلمبات مقدره بالحصان الميكانيكى .

$$P = \frac{WH}{75}$$

حيث P = قوة الطلمبات بالحصان الميكانيكى .

W = كتلة الماء المرفوع في الثانية بالكيلوجرام .

H = الضغط الكلى بالمتر .

موقع الطلمبات بالنسبة لمنسوب المياه في البئارة :

من المستحسن دائماً أن تكون الطلمبات في منسوب أو أعلى من منسوب المياه في البئارة لتفادى حدوث ضغط أقل من الضغط الجوى في ماسورة السحب إذ أن هذا الضغط الواطى قد يسبب تدرب الهواء داخل الماسورة أو تصاعد الغازات الدائبة في المياه منه -- مما يؤدى إلى تواجد فقاعات من الهواء قد تتجمع في الماسورة مسببة اضطراباً في سير انطابات ونقصاً في تصرفاتها .

على أن تزود كل طلمبة بالصمامات وأجهزة القياس للتصرف والضغط أو أن يراعى موقع الطلمبات بالنسبة لمنسوب المياه في البئارة طبقاً لما سبق ذكره عند الحديث عن طلمبات الضغط الواطى .

الأ أن هناك بعض الأحوال التى يتعذر فيها وضع الطلمبات فى منسوب أوطى من منسوب المياه فى البئارة وفى هذه الحالة يجب مراعاة الآتى :

- ١ - ماسورة السحب يجب أن تكون مستقيمة ما أمكن .
- ٢ - ماسورة السحب يجب ألا تحتوى على منحنيات رأسية لاحتمال تجمع الغازات المتسربة إلى الماسورة فى هذه المنحنيات .
- ٣ - ماسورة السحب يجب ألا تتجه إلى أسفل بل يجب ألا توضع أفقية بل توضع بحيث أن حركة الماء تكون إلى أعلا من البئارة إلى الطلمبة .
- ٤ - ألا يزيد ارتفاع منسوب الطلمبة عن منسوب المياه فى البئارة من قيمة H_s كما هى فى المعادلة الآتية .

$$H_s = H_a - (H_v + V_h \div H_f \pm H_m)$$

حيث H_s = الفرق بين منسوب الطلمبة ومنسوب الطلمبات .
 H_a = عمود الضغط الحوى بالمتر (١٠.٣٣ متر)
 H_v = عمود ضغط بخار الماء بالمتر .
 V_h = طاقة سرعة المياه (Velocity Head) فى ماسورة السحب .
 مقدره بالمتر .

H_f = القاعدة فى الاحتكاك بالمتر (Friction Head) .
 H_m = الفواقد الثانوية بالمتر (Secondary Losses) .
 ولهذا فإنه من الواجب ألا يزيد عمود الرفع (H_s) عن ثمانية مترات

بل يفضل ألا يزيد عن ستة مقرات .

القوى المحركة للطلابعات :

هناك أكثر من قوة يمكن استخدامها لتحريك الطابعات :

- ١ - البخار .
- ٢ - التوربينات البخارية .
- ٣ - ماكينات الديزل .
- ٤ - ماكينة البخار .
- ٥ - المحركات الكهربائية .

وأكثر هذه القوى استعمالاً في الوقت الحاضر هو المحركات الكهربائية إلا أنه يفضل دائماً أن يكون هناك أكثر من مصدر للكهرباء لإدارة هذه المحركات حتى إذا ما انقطع التيار الكهربائي من مصدر أو يمكن الاعتماد على المصدر الثاني لإدارة المحركات .

بل انه زيادة في الاحتياط في بعض عمليات المياه الكبرى - تنشأ وحدة إدارة بالديزل كوحدة محرقة احتياطية تعمل عند انقطاع التيار - كل هذا حتى نتأكد من عدم توقف تشغيل محطة تنقية المياه مهما حدث من أعطال .

على أنه يمكن حساب قوة المحرك بالحصان الميكانيكي (M.H.P.) بالمعادلة الآتية :

$$M.H.P. = \frac{Q \times E}{75 \times E_1 \times E_2}$$

حيث Q = التصريف بالتر في الثانية .

H = عامود الرفع الكلى (احتكاك + رفع)

E_1 = درجة جودة الطلمبة = ٦٠ % - ٧٠ %

F_1 = درجة جودة المحرك = ٨٠ % - ٩٠ %

المحابس على المدخل ومخارج الطلمبات :

لأنه يتم في تشغيل المضخات يجب أن تزود كل طلمبة بالمحابس الآتية
(شكل رقم ٦-٦) .

١ - صمام (Foot Valve) ويوضع في مدخل ماسورة السحب أو الطلمبة عند توقف الطلمبة عن العمل وبذلك لا يحتاج إلى تحضير عند بدء تشغيلها مرة ثانية .

٢ - صمام حجز (Sluice Valve) عند مدخل الطلمبة والغرض منه التحكم في سير المياه وقفل الماء عن الطلمبة إذا لزم الأمر لإصلاحها .

٣ - صمام مرتد (Non-return Valve) ويوضع على مخرج الطلمبة لمنع المياه من منع سير المياه في اتجاه عكسي عند توقف الطلمبة عن العمل فجأة نتيجة توقف التيار الكهربائي مثلا أو خال في المحرك .

٤ - صمام - حجز ويوضع بعد انضمام المرتد والغرض التحكم في سير وقفل الماء عن الطلمبة لإصلاحها إذا احتاج الأمر أو إصلاح انضمام المرتد ومن ذلك يتضح أنه إذا أريد إصلاح أى من الطلمبة أو انضمام المرتد قفل محبى الحيز المذكورين أعلاه - وبذلك لا تحصل المياه إلى الطلمبة عن أى طريق .

أجهزة القياس في محطة الطلمبات :

يجب أن يركب على كل طلمبة الأجهزة الآتية لفرادة الضغط والتصرف
الماء في كل طلمبة .

١ - جهاز قياس التصرف Flow meter

٢ - جهاز قياس ضغط السحب Suction head gauge

٣ - جهاز قياس ضغط الطرد Delivery head gauge

كما يجب أن يكون بالإضافة إلى ذلك جهاز لتسجيل ضغط الطرد
والتصرف الكلي لمخطة الطلمبات هذا الجهاز يسجل على ورق بياني
(يتبدل يومياً) جميع هذه البيانات للرجوع إليها عند الرغبة في ذلك .

شبكات توزيع المياه

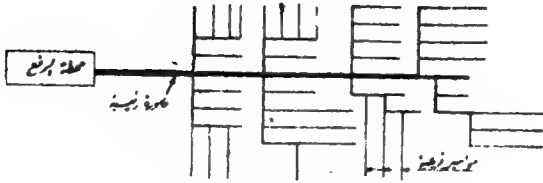
والغرض منها توزيع المياه في أنحاء المدينة تحت ضغط كافى وذلك
لأغراض المختلفة من استهلاك العادى المنزل أو الاستعمالات الصناعى
أو مقاومة الحرائق .

تخطيط شبكة التوزيع :

وتتخط شبكة التوزيع بحيث تغطى المدينة بأكملها بأحد الطرق الآتية :

١ - التخطيط الشجرى (Tree System) :

والشكل العام لهذه الشبكة عبارة عن ماسورة رئيسية تخرج من محطة
الطلمبات ويقل قطرها كلما بعدت عن المحطة - على أن تتفرع منها فروع
تتمتد في الشوارع لتوزيع المياه (شكل رقم ١٢ - ١) وهى أرخص الطرق
للتخطيط الا أنها أقل استعمالا وذلك لانضارها الكثيرة وأهمها :



(شكل رقم ١٢ - ١)

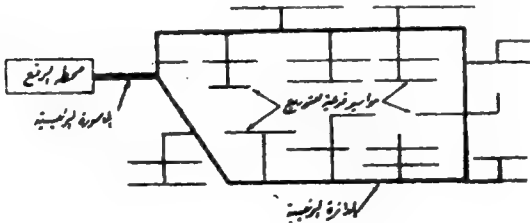
١ -- حرمان المدينة بأكملها من الماء عند حدوث كسر في أجزاء متقدمة من الشبكة .

٢ -- وجود نهايات ميتة بكثرة في الشبكة .

ولذلك فقد بطل استعمال هذا التخطيط في شبكات التوزيع :

٢ - التخطيط الدائري (Belt of Circle System) :

واشكل العام لهذه الشبكة عبارة عن دائرة أو حزام يحيط بالمدينة على أن تمتد المواسير الفرعية كإوتار داخل هذه الدائرة (شكل ١٢ - ٢) . وتمتاز هذه الطريقة عن سابقتها بالآتي :

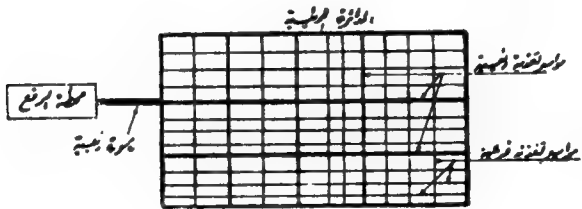


(شكل رقم ١٢ - ٢)

- ١ - قلة عدد النهايات الميئة .
- ٢ - عدم حرمان أى منطقة فى المدينة من الماء بسبب كسر بعيد عن المنطقة وذلك نظراً لتغذية كل ماسورة كل طرفها .

٣ - التخطيط الشبكى (Gridirion System) :

وفى هذا النوع من الشبكات تكون الماسورة الرئيسية على هيئة حزام بالمدينة مع توصيل مواسير رئيسية أخرى تخترق الشوارع الرئيسية للمدينة على ألا تزيد المسافة ما بين ماسورتين رئيسيتين عن كيلو متر واحد - وبذلك يكون الشكل العام عبارة عن عدة أحزمة رئيسية حول المناطق المختلفة للمدينة (شكل ١٢ - ٣) .



(شكل رقم ١٢ - ٣)

على أن تمتد مواسير فرعية أخرى لتوزيع المياه لقتل الفراغ بين المواسير الرئيسية وهذه الطريقة وأن كانت كبيرة التكاليف إلا أنها أحسن وأضمن الطرق لإمداد المدينة بالمياه دون توقف أو انقطاع .

القوانين الهيدروليكية لحركة المياه في المواسير :

يوجد أكثر من قانون لربط المتغيرات المختلفة التي تتحكم في سير المياه في المواسير وأهم هذه القوانين :

$$(١) \quad Q = AV = \frac{d^2 \pi}{4} V$$

$$(٢) \quad H = \frac{4 f L V^2}{2 g d} = \frac{f \cdot l \cdot v^2}{2 g d} \quad (\text{Weisbach-Darcy})$$

$$(٣) \quad V = \sqrt{\frac{2g}{f}} \sqrt{\frac{d}{4}} \sqrt{\frac{H}{L}}$$

$$(٤) \quad V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad (\text{Manning})$$

$$(٥) \quad V = C \sqrt{RS} \quad (\text{Chezy})$$

$$(٦) \quad V = CR^{0.63} S^{0.54} (0.001)^{-0.004} \quad (\text{Hazen Williams})$$

$$(٧) \quad V = CH_1^{0.5} (12D)^{0.425} \quad (\text{Scoby})$$

$$(٨) \quad V = CR^{5/7} S^{4/7} \quad (\text{Flamant})$$

$$(٩) \quad V = K \sqrt{RS} \quad (\text{Kutter})$$

$$(١٠) \quad K = \frac{43 + \frac{1}{n} + \frac{0.00155}{S}}{1 + (43 + \frac{0.00155}{S}) \sqrt{R}}$$

- حيث Q = التصريف لتر / ثانية أو قدم مكعب / ثانية
 V = السرعة سنتيمتر / ثانية أو قدم / ثانية
 d = القطر بالسنتيمتر أو القدم
 H = الفاقد في عمود الضغط سنتيمتر أو قدم
 L = طول الماسورة
 g = الجاذبية الأرضية
 R = نصف القطر الهيدروليكي .
 S = ميل خط الضغط الهيدروليكي .
 H_1 = الفاقد عامود الضغط لكل ١٠٠٠ متر من طول الماسورة
 D = قطر الماسورة .
 n = معامل الاحتكاك في معادلتين Kutter-Manning
 f = معامل الاحتكاك في معادلة Darcy
 f' = معامل الاحتكاك في معادلة Darcy
 C = معامل الاحتكاك في المعادلات الأخرى .
 K = معامل الاحتكاك في معادلة Kutter

وبمقارنة هذه المعادلات نجد الآتي :

- ١ - معامل الاحتكاك (C) في كل من معادلة هيزن - تشيزي .
 سكوبي وفلامنت متساوية القيمة وفي الحقيقة أن المعامل
 (٠.٠٠١) - ٠.٠٠٤ ويساوى ١,٣١٨ والموجود في معادلة هيزن
 قد أدخل على هذه المعادلة لتوحيد قيمة معامل الاحتكاك فيها
 مع معامل الاحتكاك في معادلة تشيزي التي تعتبر من أقدم
 المعادلات .

٢ - العامل $\sqrt{\frac{2g}{r}}$ في معادلة دارمى يقابل العامل (C)

في معادلة تشيزى إذ أن للدواشير الدائرية القطاع $R = \frac{d}{4}$

فإن $\frac{K}{L} = S$ وبذلك يكون $\sqrt{\frac{d}{4} \frac{H}{L}} = \sqrt{RS}$

وبهذا يكون العامل $\sqrt{2g/r}$ يقابل العامل (C) في بقية المعادلات .

٣ - بمقارنة معادلة تشيزى مع معادلة ما ننتج نجد أن للقيمة (C)

في المعادلة الأولى يقابلها $\frac{1}{n} R^{1/6}$ في المعادلة الثانية .

٤ - معامل الاحتكاك (K) في معادلة كاتر يقابل العامل (C)

في معادلة تشيزى ويقابلها $(\frac{1}{n} R^{1/6})$ في معادلة ماننج

على أن جميع هذه المعادلات تتوقف على :

المادة التي توضع منها الماسورة وقطر الماسورة وسرعة سير المياه في

الماسورة والحدود ١٢ - ١ بين القيم المختلفة لهذه المعادلات .

جدول رقم ١٢ - ١

| نوع الماسورة | C = معامل الاحتكاك |
|---|--------------------|
| مواسير حديد زهر جديدة | ١٢٠ - ١٣٦ |
| مواسير حديد زهر مبطنة بالأسمنت يدوياً | ١٢٥ - ١٣٥ |
| مواسير حديد زهر مبطنة بالأسمنت ميكانيكياً | ١٤٠ - ١٥٠ |
| مواسير حديد زهر مبطنة بالبيتوماستك | ١٣٥ - ١٤٥ |
| مواسير حديد زهر مبطنة ميكانيكياً | ١٤٥ - ١٥٠ |
| مواسير خرسانة جيدة الصنع | ١٤٥ - ١٥٥ |
| مواسير خرسانة متوسطة الصنع | ١٣٠ - ١٤٥ |

| | |
|-----------|--------------------------------------|
| ١٢٥ - ١١٠ | مواسير حديد زهر عادية مبطنه بالأسمنت |
| ١٠٠ - ٥٠ | مواسير حديد زهر قديمة |
| ١٦٠ - ١٤٠ | مواسير اسبتوس |
| ١١٠ - ٩٠ | مواسير فخار مزجج |
| ١٣٠ - ١١٠ | مواسير خشبية |

فإذا علمت طول الماسورة ونوعها والتصرف المار بها أهـ كن إيجاد كل من القطر والسرعة والفاقد في عامود الضغط باستعمال المعادلات السابقة .

الانه هناك منحنيات وخطوط بيانية تربط بين الفاقد في المواسير لكل ألف متر . السرعة . القطر . التصرف - كما توضحها المعادلات السابقة - وباستعمال هذه يمكن تصميم القطاع اللازم للماسورة بدلا من التعويض في المعادلات السابقة (شكل ١٦ - ٤)

المواسير المتكافئة

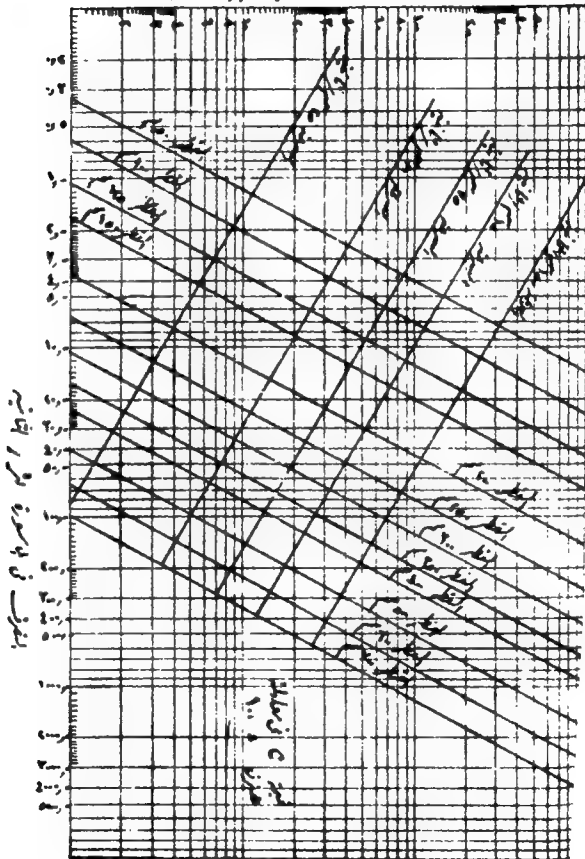
Equivalent Pipes

يقال أن الماسورتين متكافئتين إذا كان يمر في كل منهما نفس التصرف بنفس الفاقد في عامود الضغط ويقال أن ماسورة متكافئة مع مجموعة من المواسير إذا كانت الماسورة تحمل نفس تصرف المجموعة بنفس الفاقد في عامود الضغط .

وتفيد هذه الطريقة في تبسيط حل مسائل الشبكات الخاصة بتوزيع المياه إذ يضع المصمم ماسورة واحدة متكافئة لمجموعة من المواسير ضمن شبكة التوزيع لغرض تسهيل حسابات تصميم أجزاء الشبكة المختلفة .

والتوازيين الهيدروليكية التي تربط بين أجسزاء الشبكة المستبدلة بالمواسير المكافئة لها هي :

بن خط عاورد ایضاً خط ایستادگی هم ۱۰ متر



(شکل رقم ۱۲ - ۴)

أ - إذا كانت المواسير المتبدلة متصلة على التوالي (In Series) :

$$(١) \quad H = \frac{K Q^{1.85} L}{D^{4.87}} \quad (\text{Hazen \& William})$$

$$(٢) \quad L_e = \frac{D_e^{4.87} L}{D^{4.87}} \quad (\text{Hazen \& William})$$

$$(٣) \quad H = \frac{K Q^5 L}{D^5} \quad (\text{Chezy})$$

$$(٤) \quad L_e = \frac{D_e^5 L}{D^5} \quad (\text{Chezy})$$

حيث H = الفاقد في عامود الضغط .

K = ثابت يتوقف على نوع الماسورة .

Q = التصرف في كل من الماسورة أو مجموعة المواسير الأصلية .

والماسورة المكافئة لها .

L = طول الماسورة أو المواسير الأصلية .

L_e = طول الماسورة المكافئة .

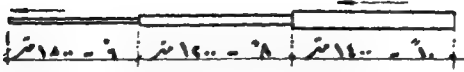
D = قطر الماسورة الأصلية .

D_e = قطر الماسورة المكافئة .

والطريقة المتبعة في مسائل المواسير المتكافئة هو افتراض قطر للماسورة التكافئة مع الماسورة الأصلية ثم إيجاد طول الماسورة التكافئة باستعمال القانونين السابقة :

مثال : المطاوب إيجاد الماسورة التكافئة لمجموعة المواسير المتصلة

على التوالي المبينة في (شكل رقم ١٢ - ٥) .



(شكل رقم ١٢-٥)

الحل : باستعمال معادلة (Hazen) هيزن وبافتراض أن قطر الماسورة المكافئة يساوى عشرة بوصة نجد أن :

للماسورة ٦ :

$$\text{طول الماسورة المكافئة} = \frac{L \cdot d^{4.87}}{d^{4.87}} = \frac{4.87(10) \times 1800}{4.87(6)} = 18000 \text{ متر}$$

للماسورة ٨ :

$$\text{طول الماسورة المكافئة} = \frac{4.87(10) \times 1400}{4.87(8)} = 3600 \text{ متر}$$

للماسورة ١٠ : نفس طول الماسورة الأصلية = ١٤٠٠ متر

∴ انطول الكلى للماسورة ١٠ المكافئة لمجموعة المواسير المبينة

$$1400 + 3600 + 18000 = 5 - 12 \text{ في الشكل رقم ١٢-٥}$$

$$= 23000 \text{ متر}$$

أى أن ماسورة قطر ١٠ بطول ٢٣٠٠٠ متر تحمل نفس تصرف،
مجموعة المواسير المبينة ونفس الفاقد فى عامود الضغط .

ب - إذا كانت المواسير متصلة على التوازي (in Parallel)

$$(٥) \quad L_e = \frac{L_1 L_2}{(L_1^{0.54} + L_2^{0.54})^{1.66}} \quad (\text{Hazen})$$

$$(٦) \quad L_e = \frac{L_1 L_2}{(L_1^{0.5} + L_2^{0.5})^2} \quad (\text{Chezy})$$

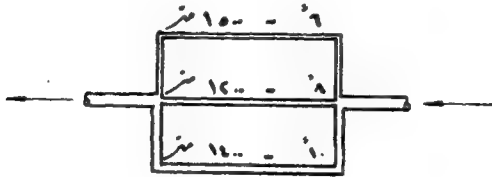
حيث L_1 = طول ماسورة أصلية الأولى .

L_2 = طول ماسورة أصلية الثانية .

L_e = طول الماسورة المكافئة للماسورتين .

مثال : المطلوب إيجاد الماسورة المكافئة لمجموعة من المواسير المتصلة

على التوازن كما هو مبين في الشكل (رقم ١٢ - ٦) .



(شكل رقم ١٢ - ٦)

الحل : يتم الحل في هذه المسألة على خطوات :

الخطوة الأولى : تحول كل المواسير إلى مواسير بنفس القطر . وذلك

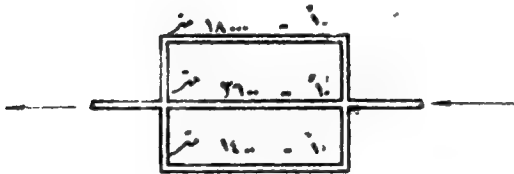
بافتراض أى قطر ثم إيجاد طول الماسورة المكافئة لكل ماسورة .

وفي هذه المسألة بافتراض أن قطر الماسورة المكافئة ١٠ بوصة

نجد أن الماسورة المكافئة للماسورة ٦ بطول ١٥٠٠ متر هي ماسورة

قطر ١٠ وبطول ١٨٠٠٠ متر وكذلك نجد أن الماسورة المكافئة للماسورة قطر ٨ بطول ١٢٠٠ متر هي ماسورة ١٠ بطول ٣٦٠٠ متر - أما الماسورة ١٠ فتبقى بنفس الطول (راجع المثال السابق).

وبذلك تتحول مجموعة المواسير إلى مواسير موحدة الأقطار - كما في الشكل (رقم ١٢-٧).

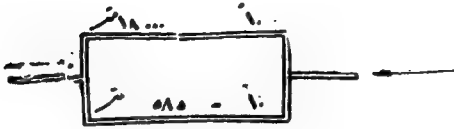


شكل رقم ١٢ - ٧

الخطوة الثانية : يتم تحويل مجموعة المواسير إلى ماسورة واحدة بأخذ كل ماسورتين وتحويلهما إلى ماسورة واحدة - وهكذا حتى يتم تحويل المجموعة بأكملها إلى ماسورة واحدة وذلك باستعمال المعادلات ٥ أو ٦ - وبالرجوع إلى شكل رقم ١٢ - ٧ وبأخذ الماسورتين الأولىين نجد أن طور الماسورة المكافئة لهما يساوي :

$$٣٦٠٠ \times ١٤٠٠ = \frac{٥٨٥}{١٨٠٠ [٠,٠٤(٣٦٠٠) + ٠,٠٤(١٤٠٠)]}$$

وبذلك تتحول المجموعة إلى مجموعة من ماسورتين فقط كما في (الشكل ١٢-٨) وهاتين الماسورتين يمكن أن يحل محلها ماسورة مكافئة طولها :



شكل رقم ١٢ - ٨

$$\text{متر } ٣٨٨ = \frac{٥٨٥ \times ١٨٠٠٠}{١٠٨٥ [٠٠٤(٥٨٥) + ٠٠٤(١٨٠٠٠)]}$$

أى أن ماسورة قطر ١٠ وبطول ٣٨٨ متر يمكن أن نحل محل مجموعة الثلاثة مواسير الأصلية (شكل ١٢-٦) وتحمل نفس التصرف ونفس الفاقد في عامود الضغط .

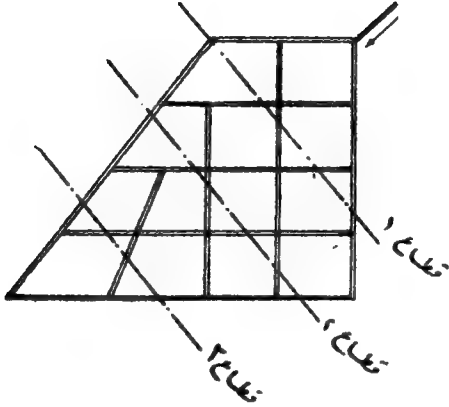
تصميم شبكات المواسير

هناك أكثر من طريقة لتصميم شبكات المواسير اللازمة لتوزيع المياه في المدن ومن هذه الطرق :

- ١ - طريقة القطاعات (Method of Sections) .
- ٢ - طريقة الكنتور (Contour Method) .
- ٣ - طريقة الدائرة (Circle Method) .
- ٤ - طريقة هاردى كروس (Hardy Cross Method) .

أ - طريقة القطاعات :

الآن أبسط هذه الطرق هي طريقة القطاعات ويتأخص العمل بها في الخطوات الآتية (شكل رقم ١٢-٩) :-



شكل رقم ١٢ - ٩

١ - يفترض أقطار المواسير المختلفة في الشبكة وذلك بتقدير مبدئي للتعداد الذى نخدمه كل ماسورة وبالتالي التصرف المار في كل منها ويفرض السرعة حوالى متر/الثانية.

٢ - يفترض قطاع في الشبكة عمودى بقدر الامكان على الاتجاه العام لسير المياه في الشبكة.

٣ - يرصد عدد أقطار المواسير التى قطعها هذا القطاع مع إهمال المواسير أقل من ٦".

٤ - يتسبب التصرف الذى يمر في كل من هذه المواسير بافتراض أن ميل خط ضغط المياه (hydraulic grade line) يساوى ٢ : ١٠٠٠ في المتوسط .

٥ - مجموع هذه التصرفات يساوى التصرف الذى يمر إلى أجزاء المدينة تحت هذا القطاع (Downstream) ولنفرض أنه يساوى Q_1

٦ - بحسب احتياجات المدينة في الأجزاء الواقعة تحت هذا القطاع بافتراض أقصى تصرف أى حوائى ٢٥٠ ٪ من التصرف المتوسط أو بافتراض التصرف المتوسط مع حدوث حريق في المنطقة - أيهما أكبر $Q_2 =$ أى أن Q_2 تساوى القيمة الأكبر من :

عدد السكان خلف القطاع > متوسط الاستهلاك ٢٥٠ ٪ .
أو عدد السكان خلف القطاع متوسط الاستهلاك التصرف
انلازمه لحريق .

٧ - يقارن بين كل من Q_1 و Q_2 أى بين التصرف الذى يمر من القطاع والتصرف الذى يحتاج إليه فعلا - فإذا كان Q_1 أقل من Q_2 وجب تكبير أقطار بعض المواسير لتعويض النقص - أما إذا كانت Q_2 أكبر من Q_1 بكثير وجب تصغير أقطار بعض المواسير .

وتتكرر العملية لأكثر من قطاع في مختلف أجزاء المدينة .

مثال :

المطلوب التأكد من سلامة تصميم الشبكة (صحة افتراض الأقطار)
الموضحة في الشكل (رتم ١٢ - ١٠) باستعمال طريقة القطاعات إذا أعطيت البيانات الآتية :

التعداد خلف القطاع ١ : ٨٠٠٠٠ نسمة

٢ : ٨٠٠٠٠ نسمة

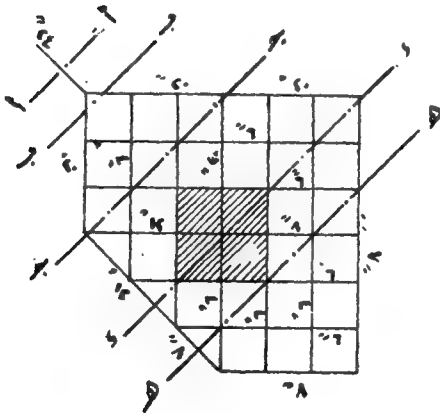
٣ : ٧٠٠٠٠ نسمة

٤ : ٤٠٠٠٠ نسمة

٥ : ١٥٠٠٠ نسمة

متوسط التصرف اليومي : ١٢٠ لتر / شخص / يوم

تصرف الحريق : ٢٥٠٠٠ متر مكعب



شكل رقم ١٢ - ١٠

الحاصل :

بدراسة هذا المثال يتضح أن متوسط الاستهلاك مضافاً إليه تصرف الحريق يزيد بكثير عن أقصى تصرف للاستهلاك - وبذلك يلزم تصميم الشبكة لتعطي تصرف يعادل متوسط الاستهلاك مضافاً إليه تصرف الحريق عندما يكون ميل حظ ضغط المياه ٢ : ١٠٠٠ .

القطاع الأول (أ-أ) :

$$\begin{aligned} \text{(أ) متوسط الاستهلاك} &= ٠.١٢ \times ٨٠٠٠٠ = ٩٦٠٠ \text{ متر مكعب} \\ \text{استهلاك الحرائق} &= ٢٥٠٠٠ \text{ متر مكعب} \\ \text{المجموع} &= ٣٤٦٠٠ \text{ متر مكعب} \end{aligned}$$

(ب) التصرف في المواسير المار بها القطاع :

ماسورة ٢٤ بوصة : ٣٣٠ لتر/الثانية

: ٢٨٥١٠ متر مكعب

وهو أقل من التصرف المطلوب ولذلك يجب تغيير هذه الماسورة بأخرى قطر ٣٤ لتعطي تصرفاً قدره ٥٠٠ لتر/الثانية وهو ما يعادل ٤٣٢٠٠ متر مكعب يومياً .

القطاع الثاني (ب-ب) :

$$\begin{aligned} \text{(أ) متوسط الاستهلاك} &= ٠.١٢٠ \times ٨٠٠٠٠ = ٩٦٠٠ \text{ متر مكعب} \\ \text{استهلاك الحريق} &= ٢٥٠٠٠ \text{ متر مكعب} \\ \text{المجموع} &= ٣٤٦٠٠ \text{ متر مكعب} \end{aligned}$$

(ب) التصرف في المواسير المار بها القطاع :

ماسورتين قطر ٢٠" = ٢٠٠ × ٢ = ٤٠٠ لتر/الثانية

= ٣٤٥٦٠ متر مكعب يومياً

وهو أقل من التصرف المطلوب بقدر بسيط جداً يمكن التجاوز عنه .

القطاع الثالث (ج - ج) :

$$(١) \text{ متوسط الاستهلاك} = ٧٠٠٠٠ \times ٠.١٢٠ = ٨٤٠٠ \text{ متر مكعب}$$

$$\text{استهلاك الحريق} = ٢٥٠٠٠ \text{ متر مكعب}$$

$$\text{المجموع} = ٣٣٤٠٠ \text{ متر مكعب يومياً}$$

(ب) التصرف في المواسير المار بها القطاع

$$\text{ماسورة قطر } ٢٠'' : ١ \times ٢٠٠ = ٢٠٠ \text{ لتر/ثانية}$$

$$\text{ماسورتين قطر } ١٢'' : ٢ \times ٥٥ = ١١٠ \text{ لتر/ثانية}$$

$$\text{خمس مواسير قطار } ٦'' : ٥ \times ٩ = ٤٥ \text{ لتر/ثانية}$$

$$\underline{\underline{٣٥٥ \text{ لتر/ثانية}}}$$

$$\text{المجموع} = ٣٠٦٧٠ \text{ متر مكعب يومياً}$$

وهو أقل من التصرف المطلوب ولذلك يجب تغيير ماسورتين ٦''

بماسورتين ١٠'' حتى يمكن أن يمر في هذا القطاع التصرف المطاوب .

القطاع الرابع (د - د) :

$$(أ) \text{ متوسط الاستهلاك} = ٤٠٠٠٠ / ٠.١٢٠ = ٤٨٠٠ \text{ متر مكعب}$$

$$\text{استهلاك الحريق} = ٢٥٨٠٠ \text{ متر مكعب}$$

$$\text{المجموع} = ٢٩٨٠٠ \text{ متر مكعب}$$

(ب) التصرف في المواسير المار بها القطاع :

$$\text{ماسورتين قطر } ١٢'' = ٢ \times ٥٥ = ١١٠ \text{ لتر/ثانية}$$

ثمانية مواسير قطر ٦" = ٨ × ٩ = ٧٢ لتر/الثانية

المجموع = ١٨٢ لتر/الثانية

المجموع = ١٥٧٢٥ متر مكعب يومياً

وهو أقل من التصريف المطلوب ولذلك يجب تغيير أربعة مواسير ٦"

بأربعة مواسير ١٠" حتى يمر في هذا القطاع التصريف المطلوب .

القطاع الخامس (٨-٨) :

(أ) متوسط الاستهلاك = ١٥٠٠٠ .. ١٢٠٠ : ١٨٠٠ متر مكعب

استهلاك الحريق = ٢٥٠٠٠ متر مكعب

المجموع = ٢٦٨٠٠ متر مكعب

(ب) التصريف في المواسير المار بها القطاع :

ماسورتين قطر ٨" : ٢ × ١٨ = ٣٦ لتر / ثانية

سنة مواسير قطر ٦" : ٦ × ٩ = ٥٤ لتر / ثانية

٩٠ لتر / ثانية

... المجموع = ٧٥٧٥ متر مكعب يومياً

وهو أقل من التصريف المطلوب ولذلك يجب تغيير مواسير قطر ٦"

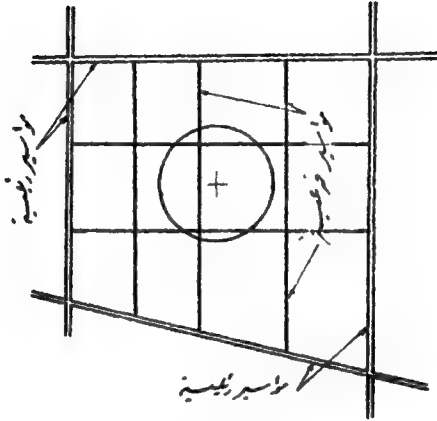
وماسورتين ٨" بأربعة مواسير قطر ١٠" حتى يمر في هذا القطاع التصريف المطلوب .

٢ - طريقة الدائرة (Circle method) (شكل ١٢-١١)

وهذه أكثر ما تستعمل في حساب أقطار المواسير الفرعية الموصلة

ما بين المواسير الرئيسية في شبكات التوزيع ذات النظام الشطرنجي

(Gridiron System) وخطوات العمل فيها كالآتي :



شكل رقم ١٢ - ١١

١ - تختار نقطة متوسطة ما بين أربع مواسير رئيسية لتكون مركز دائرة قطرها ١٥٠ متر .

٢ - يرصد عدد وأقطار المواسير التي قطعها هذه الدائرة (N) مع اعتبار نقطة التماس بين الدائرة و احد المواسير كأنها نقطتين للتقاطع .

٣ - بافتراض حريق في مركز الدائرة يفترض أن التصرف اللازم لمقاومة هذا الحريق Q سيمر في هذه المواسير التي قطعها الدائرة .

فاذا كانت أقطار هذه المواسير متساوية كان التصرف المار في كل ماسورة يساوي $\frac{Q}{N}$ ومن ثم يحسب الفاقد في عامود الضغط في الماسورة الفرعية لكل ١٠٠٠ متر من طولها .

ولما كانت المسافة بين الماسورتين الرئيسيتين حوالى كيلو متر فان محيط الدائرة المعتبر الحريق فى مركزها يبعد عن الماسورة الرئيسة حوالى أربعائة متر . وبذلك يمكن إيجاد الفاقد فى عامود الضغط فى هذه المسافة .

٤ - بمعرفة الضغط فى الماسورة الرئيسة ويطرح الفاقد فى عامود الضغط فى الأربعائة متر من طول الماسورة الفرعية يمكن إيجاد قيمة عامود الضغط فى الماسورة الفرعية فى موقع الحريق (مركز الدائرة) وهذا يجب ألا يقل عن ٢٥ متر والا أعيد تصميم المواسير الفرعية التى تربط ما بين المواسير الرئيسة .

٥ - أما إذا كانت المواسير الفرعية التى تقطعها الدائرة غير متساوية الأقطار فيستعمل الجدول رقم ١٢-١ لتحويل هذه المواسير إلى مواسير ذات قطر واحد قبل متابعة الحل كما جاء فى الخطوات السابقة
قم ٤ ، ٣ .

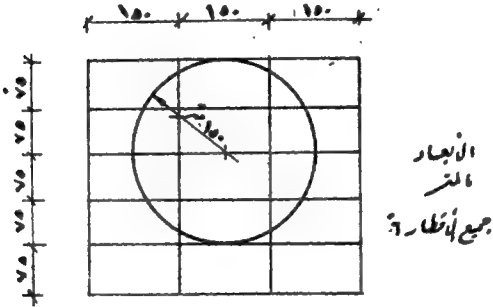
جدول رقم ١٢-١

عدد المواسير قطر ٤" المكافئة للمواسير المختلفة

| قطر الماسورة بالبوصة | ٤ | ٦ | ٨ | ١٠ | ١٢ | ١٤ | ١٦ |
|---|---|---|-----|----|----|----|----|
| عدد المواسير قطر ٤" المكافئة لها (أى تحمل نفس التصريف بنفس الفاقد فى عامود الضغط) | ١ | ٣ | ٦,٦ | ١٢ | ٢٠ | ٣٠ | ٤٣ |

مثال :

في الشكل رقم (١٢-١٢) المطلوب التأكد من سلامة تصميم الشبكة باستعمال طريقة الدائرة إذا كان التصرف اللازم لمقاومة الحريق هو ٢٨ متر مكعب في الدقيقة .



٢٠٠ متر

المساحة بين ٤ سورتين الرئيسيتين حوالي ١٠٠٠ متر

شكل رقم ١٢ - ١٢

الحل :

يتضح من الشكل أن جميع المواسير التي تقطعها الدائرة قطار ٦ - وأن عددها أربعة عشرة (نقطة التماس تمثل نقطتين للتقاطع) وبذلك يكون التصرف المار في كل ماسورة يساوي ٢ متر مكعب في الدقيقة . وسرعة المياه في الماسورة عندئذ = $120 \text{ متر / الدقيقة} = 2 \text{ متر / الثانية (تقريباً)}$.

وبالرجوع إلى منحنيات السرعة والفاقد في الضغط في المواسير (شكل ١٢ - ٤) نجد أن الفاقد في الضغط = ٢٥ متر لكل ألف متر طول للماسورة .

ولما كان محيط الدائرة يبعد عن المواسير الرئيسية المغذية للمواسير الفرعية حوالى ٤٠٠ متر في المتوسط فإن الفاقد في الضغط في المواسير الفرعية في المسافة ما بين الماسورة الرئيسية ومحيط الدائرة يساوى : $25 \times \frac{4}{3} = 10$ متر

فاذا كان الضغط في المواسير الرئيسية = ٤٠ متر
.. الضغط في المواسير الفرعية عند محيط الدائرة = ٤٠ - ١٠ = ٣٠ متر

ودون ضغط كافى إذ يزيد على ٢٥ متر وهو الضغط الواجب توافره في المواسير لمقاومة الحريق عند استعمال الطلمبات المتحركة (motor pumps) لسحب المياه من شبكة المواسير وضخها في خراطيم الحريق . كما تشترطه بعض المواصفات .

القطر الاقتصادي للمواسير الطرد :

عدد اختيار أقطار المواسير التي تضغط فيها المياه لمسافات بين محطة طلمبات الضغط العالى والمدينة (شكل ١٢ - ١٣) فإنه يجب مراعاة اختيار أقطار هذه المواسير بحيث تكون الكثافة أقل ما يمكن - ويمكن تقسيم تكاليف مثل هذه المواسير إلى :

١ - الثمن الاساسى للمواسير بما فيه تكاليف الانشاء -- وهذا الثمن يتزايد مع كبر قطر الماسورة نظراً لزيادة كمية الحديد المستعمل في

الماسورة وكذلك لزيادة التكاليف الانتشائية مع كبر القطر - وهذا الثمن الأساسي يفترض استهلاكه في المدة التي نخدم فيها الماسورة (٤٠ الماسورة) وهذا يساوي عادة حوالى خمسين عاماً .

٢ - الفائدة السنوية لرأس المال الذي استغل في الثمن الأساسي وهذه الفائدة تتزايد مع كبر رأس المال هذا .

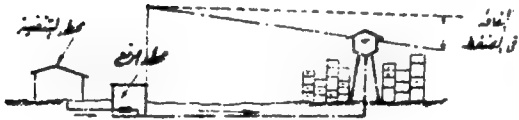
٣ - تكاليف ضغط الماء في الماسورة وهذه تقل مع كبر قطر الماسورة إذ أن الفاقد في الاحتكاك في الماسورة يقل مع كبر قطر الماسورة - ومن ثم فإن قوة الطلمبات اللازمة لضغط المياه تقل وبالتالي تقل القوة الكهربائية المستعملة .

وبذلك تكون التكاليف السنوية للماسورة :

١ - رأس المال مقسوماً على عدد سنين خدمة الماسورة .

٢ - الفائدة السنوية لرأس المال هذا .

٣ - تكاليف القوى المحركة لطلمبات الضغط .



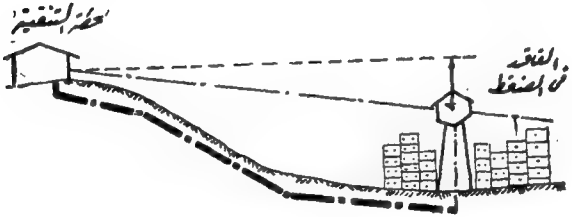
(شكل رقم ١٢ - ١٣)

ونلاحظ أن البند ٢ . ١ يأخذان في الإزدیاد إذ أخذ البند الثالث في النقصان . ويمكن الحصول على أقل مجموع للثلاثة بنود بتطبيق قاعدة كلفن التي تنص على :

« إذا تساوت التكاليف الآخذة في الإزدیاد مع التكاليف الآخذة في النقصان فإن جملة التكاليف تكون أقل ما يمكن » .

القطر الاقتصادي لمواسير تسير بالانحدار الطبيعي :

هناك بعض الحالات التي تكون فيها محطة التنقية على منسوب أعلى بالنسبة للمدينة بحيث يسير الماء في الماسورة الرئيسية بالانحدار الطبيعي دون الحاجة إلى محطة طلمبات (شكل ١٢ - ١٤) وفي هذه الحالة يحسن اختيار قطر الماسورة هذه بحيث يكون الفاقد في الاحتكاك مساوياً للفرق بين منسوب المياه في محطة التنقية . ومنسوب المياه في خزان المياه العلوى في أقصى المدينة والذي يكون ارتفاعه كافياً لحفظ المياه على منسوب كافى لرفع المياه إلى الدور الرابع في أى منزل في المدينة .



شكل رقم ١٢ - ١٤

الضغط في شبكات التوزيع :

تنص بعض المواصفات على أنه يجب حفظ الضغط في شبكات التوزيع بحيث يكون كافياً لرفع المياه إلى الدور الرابع في المساكن في أى مكان في المدينة . على أن يكون عند وصوله إلى هذه الأدوار تحت ضغط قدر ستة أمتار على الأقل وبذلك يجب ألا يقل عامود الضغط في المواسير عن خمسة وعشرين متراً موزعة كالاتى :

١٤ متر ارتفاع أربعة أذوار .

٥ متر فاقد في مواسير التوزيع داخل المنزل .

٦ متر عامود الضغط على الصنابير داخل المنزل .

٢٥ مترًا للمجموع

وتنص بعض المواصفات الأخرى على ألا يقل الضغط في المواسير الرئيسية في المدينة عن ٤٠ رطل على البوصة المربعة أى ثلاثة كيلوجرام على السنتيمتر المربع - أما الضغط في المواسير الفرعية فيجب ألا يقل ٢٠ رطل على البوصة المربعة أى ١,٥ كيلوجرام على السنتيمتر المربع .

أى أن عامود ضغط الماء يجب ألا يقل عن ثلاثين مترًا في المواسير الرئيسية ولا يقل عن خمسة عشر مترًا في المواسير الفرعية .

كما ينص في بعض الأحوال على ألا يقل الضغط في المواسير من ٦٠ أو ٧٥ رطل على البوصة المربعة (٤ - ٥ كيلوجرام على السنتيمتر المربع) وذلك لضمان ضغطاً كافياً لمقاومة الحرائق . إلا أن حفظ هذا الضغط في الشبكة يستلزم مواسير خاصة تتحمل هذا الضغط وكذلك وصلات من أنواع خاصة لا تتسرب منها المياه تحت هذا الضغط العالي نسبياً - ولذلك يفضل ألا يتجاوز الضغط ٤٠ رطل بوصة مربعة أى ثلاثة كيلو جرام/سنتيمتر مربع - وفي هذه الحالة ينصح باستعمال طلمبات متنقلة لضخ الماء من مواسير التوزيع في خراطيم مقاومة الحريق عند الحاجة لذلك .

كما أنه في بعض المدن توجد شبكتان للتوزيع يحتفظ في شبكة منها بضغط عادى ٢٠ - ٤٠ رطل/البوصة المربعة أى $1\frac{1}{2}$ - ٣ كيلوجرام/

سنتيمتر المربع . ويحفظ في الأخرى بضغط عالى من ٦٠ - ٨٠ رطل
البوصة المربعة أى ٤ - ٦ كيلوجرام / سنتيمتر المربع -- وتستعمل الشبكة
الأولى في الأغراض العادية : أما الشبكة الثانية فتستعمل في أغراض مقاومة
الحرائق أو الأغراض الصناعية الخاصة .

المواسير المستعملة في شبكات التوزيع

تصنع مواسير شبكات التوزيع من المواد الآتية :

الحديد الزهر

الحديد الصلب

الاسبتوس

مواسير الحديد الزهر

وهذه أكثر المواسير استعمالاً نظراً لملائتها وطول مدة استعمالها ورخص
ثمنها نسبياً وتصنع عادة بحيث أما أن تكون منتفخة في أحد أطرافها
ويسمى هذا الانتفاخ بالرأس (Bell) . بينما يسمى الطرف الآخر بالذيل
(Spigot) . أو تصنع بحيث يكون بكل طرف من أطرافها شفة
(flanged end) بكامل محيط المقطع - أو تصنع بحيث يكون طرفاها
عاديّين أى بدون رأس أو شفة (plain end) أو مشكّلين تشكّلاً خاصاً
ليتناسبا مع طريقة عمل الوصلات بينهما .
وتصنع مواسير حديد الزهر بطريقتين :

- ١ - طريقة الصب (Pit cast) : وفيها يصب الحديد الزهر
المنصهر في قوالب رأسيّة بحيث يكون رأس الماسورة إلى أسفل
ثم تزال الماسورة من القالب بعد أن تبرّد وتنظف من الرمل
العالق بها ثم تسخن للدرجة ١٥٠ درجة مستجراً وعندئذ
تغمس في حمام من مركب بيتومينى لتكسيّتها من الداخل
والخارج بهذا المركب وذلك لحفظها من التأكل .

٢ - طريقة الآف المركزى (Centrifugal cast) : وفيها يصب الحديد الزهر المنصهر فى قالب يدور بسرعة حوالى ألف لفة فى الدقيقة - ونتيجة لهذا الدوران السريع تشكل الماسورة على أن تغمس فى المركب البيتومينى الساخن لتكسيته من الداخل أو الخارج بهذا المركب منعاً لتآكلها .

وتقسم مواسير الحديد الزهر إلى درجات تبعاً للضغط الذى تختبر لتحمله كالآتى :

| الدرجة | ضغط الاختبار فى المصنع | ضغط الاختبار بعد التركيب |
|--------|------------------------|--------------------------|
| أ A | ٦٠ متر | ٣٠ متر |
| ب B | ١٢٠ متر | ٦٠ متر |
| ج C | ١٨٠ متر | ٩٠ متر |
| د D | ٢٤٠ متر | ١٢٠ متر |

وأكثر الدرجات استعمالاً هى درجة « ب » B .

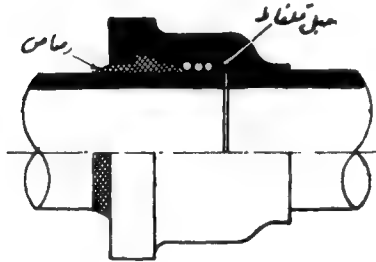
وصلات مواسير الحديد الزهر :

وهناك عدة طرق لتوصل مواسير الحديد الزهر .

١ - وصلات رأس وذيل : Bell & Spigot (شكل ١٢ - ١٥) :

ويتم تصنيع هذه الوصلة بوضع ذيل الماسورة داخل رأس الماسورة المخاورة - على أن يضبط محورى الماسورتين بجمل القلقاط المصنوع من الكتان المقطور وكبسه داخل الرأس بأصوات خاصة بحيث يشغل ثلث عمق الرأس تقريباً . ثم يصب فى بقية الفراغ بين الرأس والذيل الرصاص المنصهر .

وحتى يتيسر صب الرصاص المنصهر والمواسير موضوعة في وضع أفقى يلف الذيل بجوار رأس الماسورة الأخرى مباشرة بجبل مكشى بالطين لسد الفتحة ما بين الرأس والذيل مع ترك فتحة بأعلى ليدخل منها الرصاص المنصهر ثم يزال الحبل والطين - ويدك الرصاص في الفراغ بين الرأس والذيل حتى تملأ الفجوات التي تكون قد تكونت في الرصاص عند صبه .

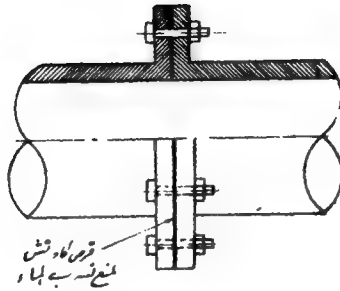


شكل رقم ١٢ - ١٥

٢ - لحام المواسير ذات الشفة (Flanged joints) (شكل ١٢ - ١٦)

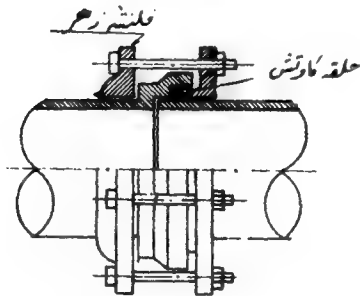
ويربط وجه الماسورة اغاورة بواسطة مسامير فلاوظ بعد أن توضع بين الوجهين حائقة من المطاط أو الكاوتش لمنع تسرب الماء بين الوجهين .

وهاتين الطريقتين هما أكثر الطرق شيوعاً في الاستعمال .



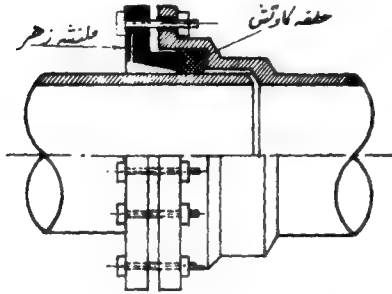
شکله ۱۲-۱۶

۳- وصلة جونسون (Johnson) (شکله ۱۲-۱۷) .

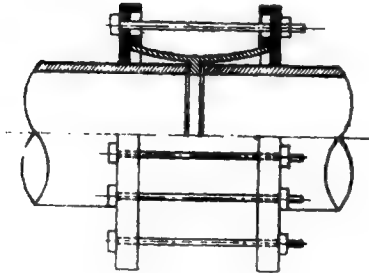


شکله ۱۲-۱۷

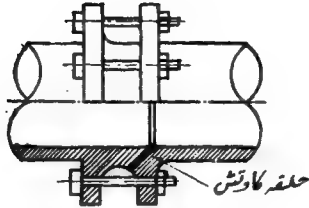
- ٤ - وصلة ميكانيكية (Mechanical) (شكل ١٢ - ١٨) .
 ٥ - ختم مواشير ذات أطراف عادية (شكل ١٢ - ١٩) .
 ٦ - وصلة يونيفرسال (Universal joint) (شكل ١٢ - ٢٠) .



شكل رقم ١٢ - ١٨



شكل رقم ١٢ - ١٩



شكل رقم ١٢ - ٢٠

وتتميز الطرق الأربعة الأخيرة بالآتي :

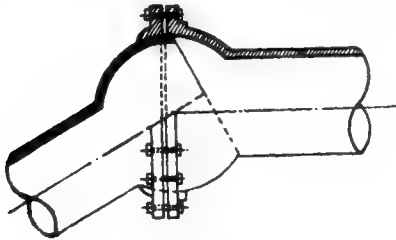
(أ) لا تحتاج إلى خبرة في التركيب .

(ب) لا تحتاج إلى صب معدن منصهر وما في ذلك من ميعاب .

(ج) يمكن عملها تحت الماء دون نزع الماء من الخندق .

٧ - الوصلات المرنة (Flexible joint) (شكل ١٢ - ٢١) .

وجميع الوصلات السابقة ينتج عنها خط من المواسير المتجاورة على استقامة واحدة الأثر، إذ احتاج الأمر يمكن عمل الوصلات المرنة التي



شكل رقم ١٢ - ٢١

تصل ما بين مواسير ذات أطراف بأشكال كروية خاصة تسمح بتكوين زاوية بين الماسورتين المتجاورتين . وذلك توفيراً للأكواع التي تازم لعمل المنحنيات في خطوات المواسير .

وتتميز مواسير الحديد الزهر عن غيرها من المواسير بأنها : تعيش مدة طويلة . لا تحتاج إلى صيانة ، وصلاتها محكمة لا تنفذ منها المياه - إلا أن سعرها الابتدائي عادة مرتفع كما أن تكاليف نقلها من المصنع إلى الموقع عالية .

مواسير الحديد الصلب

Steel Pipes

يتم تصنيع هذه المواسير من ألواح الصلب على أن تلحم أطرافها بأحد الطرق الآتية :

١ - اللحام بالكهرباء وفي هذه الطريقة يوضع طرفي الألواح أمام بعضهما ثم يتم اللحام بالكهرباء .

٢ - طريقة اللحام بلهب الأكسوجين وفي هذه الطريقة يركب طرفي الانوح على بعضهما بحيث لا يقل مقدار الركوب عن ضعف سماك اللوح ومن ثم يتم اللحام بلهب الأكسوجين من الداخل والخارج ثم تضغط آلة خاصة على الوصلة وهي ساخنة لدرجة الاحمرار حتى يتم اللحام واستواء سطح الماسورة داخلياً وخارجياً .

بعقب ذلك تسليط هواء مضغوط محمل بالرمل (Sand Blasting) ومن ثم تسخن الماسورة وتغمس في حمام البيومتين أسوة بالمواسير الحديد الزهر . وتقسّم المواسير الصلب إلى درجات تبعاً للضغط الذي تختبر لتحملها أسوة بالمواسير الحديد الزهر .

وصلات المواسير الصلب :

وأكثر الوصلات استعمالاً في المواسير الصلب هي وصلة المواسير ذات الشفة (Flanged) (شكل ١٢ - ١٦) إذ أن الغالبية العظمى من المواسير

الصاب تصنع بحيث يكون طرفا الاسعاوانية مزودين بشفة بكامل محيط
الماسورة . (Flanged Ends) .

كما يستعمل أحيانا وصلة الرأس والذيل (Bell & Spigot) وفي
هذه الحالة يلزم توسيع أحد طرفي الماسورة ليدخل فيه طرف الماسورة
المجاورة .

وتتاز المواسير الصلب عن غيرها من المواسير بسهولة النقل والتركيب
نظراً لخمسة الوزن بالنسبة للمواسير الحديد الزهر . كما أنها تتحمل ضغوطاً
داخلية عالية وتتحمل المطرقة المائية (Water Hammer) أكثر من
المواسير الحديد الزهر - يضاف إلى ذلك أن عدد اللحامات أقل من المواسير
الزهر نظراً لأنها تصنع بأطوار أكبر من الحديد الزهر .

إلا أن لها العيوب التالية :

لا تتحمل ضغوط خارجية كبيرة ولا تقاوم التآكل بفعل التربة
والماء . كما أنه يصعب أخذه فروع تغذية منها إلى المنازل .

ويقصر استعمال المواسير الصلب على الحالات الآتية:

١ - عندما يراد استعمال مواسير خفيفة كما هو الحال عند التعديـة
على كوبرى (Trestle) .

٢ - عندما تتعرض المواسير للذبذبة واهتزازات - كما هو الحال
في محطات الطامبات .

٣ - إذا كانت المواسير غير مردومة بالأتربة كما هو الحال في
المواسير الرأسية الصاعدة إلى خزانات المياه المرتفعة .

الواسع الاسبتوس الاسمتى

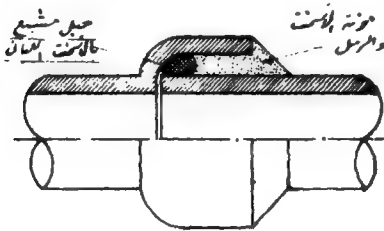
Cement Asbestos Pipes

وهى تصنع من خليط من الاسمنت والاسبستوس بنسبة ١ : ٧ وهى تصنع أيضاً على درجات تبعاً للضغط الذى تختبر لتحمله أسوة بالمواسير الحديدية والنهر والصب كما تصنع المواسير أما أطراف عادية أو بأطراف رأس وذيل .

وصلات مواسير الاسبتوس :

١ - وصلة الرأس والذيل :

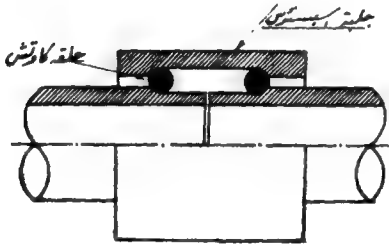
وفى هذه الحالة تعمل الوصلات بواسطة حبل فلاناظ مشبع بالاسمنت التبانى يشغل ثلث عمق الرأس ثم يملأ باقى الفراغ بمونة الاسمنت والرمل بنسبة ١ : ١ (شكل ١٢ - ٢٢) .



شكل رقم ١٢ - ٢٢

٢ - وصلة سمبلنس (Simplex) :

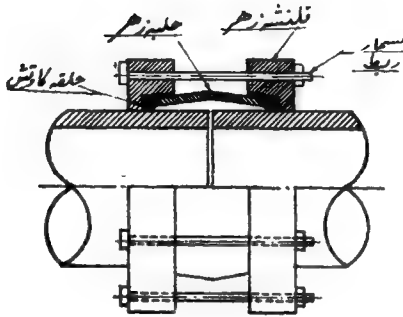
وهذه تستعمل لوصل المواسير ذات الأطراف العادية - وتستعمل فيها جلبية من الاسبتوس وحلقتين من الكاوتش لمنع تسرب الماء خارج المواسير (شكل ١٢ - ٢٣) . ثم تحاط الوصلة بأكملها بمونة الأسمنت أو بالبيتومين .



شكل رقم ١٢ - ٢٣

٣ - وصلة جيولت (Gilet) :

وهي تستعمل أيضاً لوصل المواسير ذات الأطراف العادية وتستعمل في هذه الوصلة جلبية من الزهر أو الحديد واطارين من الحديد ، وحلقتين كاوتش ومساير قلاووظ لربط الاطارين ببعضهما فيضغطا الحلقتين الكاوتش وبذلك يمنع الماء من التسرب خارج الماسورة (شكل ١٢ - ٢٤) على أن تحاط الوصلة بعد الانتهاء منها بالبيتومين . لمنع تآكل الأجزاء المعدنية (الجلبة والحلقتين) بفعل الأملاح التي قد تتواجد في المياه الجوفية . (٢٩)



شكل رقم ١٢ - ٢٤

وتمتاز المواسير الاسبتوس بالآتي :

- ١ - تقاوم التآكل الناتج من وجود أحماض في المياه الجوفية .
- ٢ - ناعمة المماس من الداخل . من ثم معامل احتكاك صغير وبالنبعية فاقد صغير في الضغط .
- ٣ - تتحمل ضغطاً داخلياً كبيراً .
- ٤ - تتحمل ضغطاً خارجياً كبيراً .
- ٥ - وصلاتها السماكس والجيبولت مرنة تسمح بأحداث انحراف في خط المواسير إلى ١٢° في الوصلة الواحدة .
- ٦ - أقل وزناً من مواسير الحديد الزهر بحوالى ٢٠ ٪ .
- ٧ - سهلة القطع بالمنشار العادي .
- ٨ - سهولة تركيب مواسير التغذية فيها .

المواسير الخرسانية

وهذه المواسير لا تتحمل ضغط داخليا عاليا ولذلك تستعمل فقط في محارات المآخذ الموصلة من المآخذ على الشاطئ إلى بئارة المياه العكرة التي تسحب منها محطة الضغط الواطى المياه إلى أعمال التفتية - والأماكن الأخرى التي يقل فيها الضغط الداخلى أو ينعدم - والمواسير الخرسانية أما مسلحة أو غير مسلحة كما أنها إما مصبوبة خارج الموقع أو مصبوبة في الموقع .

وأهم مزايا هذه المواسير :

- ١ - تقاوم الضغط الخارجى .
- ٢ - لا تحتاج تكاليف لصيانتها .
- ٣ - ممكن تصنيعها بالمواد الأولية الموجودة في الموقع .
- ٤ - لا تتآكل بفعل المياه الجوفية .
- ٥ - لا تحتاج إلى وصلات متعددة .
- ٦ - لا تحتاج إلى خبرة عالية في التصنيع والانشاء في الموقع .

إلا أن لها العيوب الآتية :

- ١ - يترسب منها الماء نتيجة لمسامية الخرسانة وتشققها .
- ٢ - لا تتحمل الضغط الداخلى العالى ولذلك لا تستعمل في شبكات التوزيع .
- ٣ - تتآكل بفعل الأحماض أو القلويات التي قد تتواجد في المياه الجوفية .

- ٤ - صعبة الإصلاح إذا احتاج الأمر لذلك .
٥ - ثقيلة الوزن مما يضطرنا إلى تصنيعها بأطوال قصيرة ليسهل نقلها وتقليل احتمال كسرها .

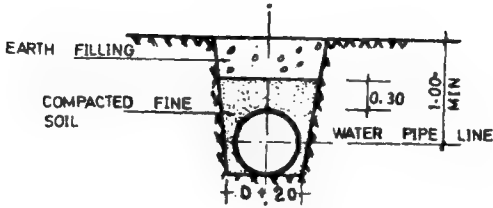
انشاء خطوط المواسير

Construction of Pipe Lines

تحفر الخنادق التي توضع فيها المواسير بعناية وبالاتساع الكافي لسهولة العمل فيها لعمل الوصلات بين المواسير . ألا أنه ليس من الضروري أن يراعى إعطاء قاع الخندق ميل خاص بل يكفي بأن يكون قاع الخندق موازياً لسطح الأرض وعلى عمق كافى يحمى الماسورة من أثقال حركة المرور في الطريق - وينص عادة في المواصفات على أن يكون ارتفاع الردم فوق الراسم العلوى للماسورة لا يقل عن متر أو متر ونصف تبعاً لحجم الحركة في الشارع الذي توجد فيه الماسورة .

وعند وضع الماسورة في الخندق يجب أن يوضع تحتها طبقة من الرمل أو التراب الخالى من الحصى إذا كانت الأرض صخرية وذلك كأساس للماسورة في ارتكازها على قاع الخندق .

أما الردف فيتم على طبقات مع دك طبقة على أن تكون الأتربة المستعملة في الردف متجانسة خالية من الحصى والأجسام الكبيرة حتى يكون الردم منتظم حول الماسورة م. تعطى انتظاماً لتوزيع الأحمال في الشارع على جسم الماسورة (شكل ١٢ - ٢٥) .



شكل رقم ١٢ - ٢٥

الصمامات

Valves

على طول خطوط المواسير في شبكة التوزيع نجد الكثير من الصمامات التي توضع لخدمة أغراض معينة مثل التحكم في سير المياه أو التحكم في ضغط المياه... وأهم هذه :

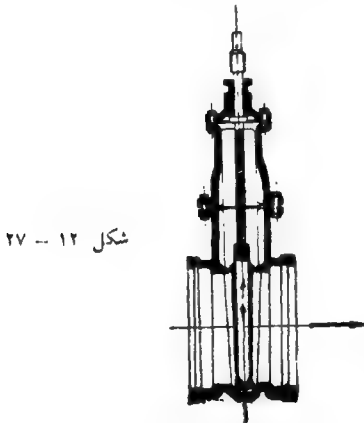
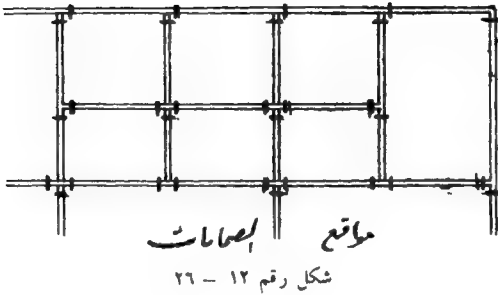
١ - صمام حجز أو صمام سكين (Sluice or gate valve) :

وهو أكثر الصمامات استعمالاً في شبكات المياه - والغرض منها التحكم في سير المياه في الأجزاء المختلفة في الشبكة - وقفل المياه عن الأماكن التي يجري إصلاحها .

وتوضع هذه الصمامات في تقاطع وتفرع المواسير (شكل ١٢ - ٢٦)
ويلاحظ أن عدد الصمامات عند التقاطع يقل عن عدد التفرعات عند التقاطع
بواحد . وبين الشكل (١٢ - ٢٧) قطاع في هذا المحبس .

٢ - صمام مرتد (Check or non return or reflux valve) :

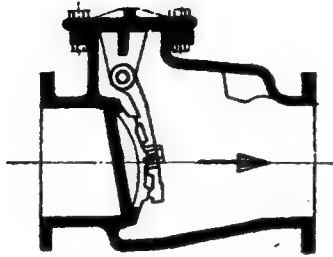
والغرض من هذه الصمامات منع ارتداد الماء في اتجاه مضاد للاتجاه الطبيعي لسيره عند حدوث أى أعطال أو كسر في الماسورة - والمنع أن



يركب خلف الصمام المرتد صمام حجز لتسهيل الكشف على الصمام المرتد عند الضرورة (شكل ١٢ - ٢٨).

ويوضح الصمام المرتد في الأماكن الآتية :

١ - على الخطوط الرئيسية للمياه عند خروجها من محطة الطلمبات .



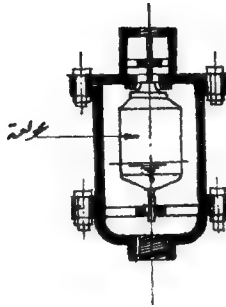
شكل رقم ١٢-٢٨

- ٢ - على مخرج كل طلمبة في محطة الطلمبات
- ٣ - في المواسير الرئيسية الموجهة إلى أعلا الخدمة منطقة مرتفعة -
وذلك لمنع ارتداد الماء من المنطقة المرتفعة عند حدوث كسر
في الماسورة .

٣ - صمام الهواء (Air valve) (شكل ١٢ - ٢٩) :

والغرض منه تصريف فقاعات الهواء التي تتجمع في المواسير عند النقطة المرتفعة فيها - إذ أن تجمع الهواء في هذه الأماكن يسبب نقصاً كبيراً في التصريف .

ويوضع هذا الصمام في قسم القطع الطول للماسورة نظراً لتجميع الهواء في هذه المناطق فإذا تجمع الهواء في علبة العوامة تنخفض منسوب الماء فيها ومن ثم تنخفض العوامة فيفتح مخرج الهواء المحبوس في العلبة كما يسمح هذا الصمام بدخول الهواء إلى الماسورة عند تفريغ الماسورة من الماء إذا احتاج الأمر لذلك .

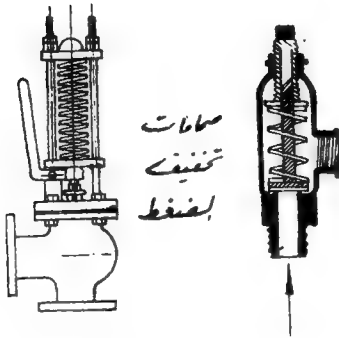


شكل رقم ١٢ - ٢٩

٤ - صمام تخفيض الضغط (Pressure reducing valve) (شكل ١٢ - ٣٠):

والغرض منه تخفيض الضغط في المواسير حتى لا يصل إلى الدرجة التي قد يتسبب عنها كسر الماسورة وهو يوضع في الأماكن الآتية :

- ١ - في الأماكن القريبة من محطات الطلمبات .
- ٢ - عند اتصال شبكة مياه ذات ضغط عالٍ بشبكة مياه ذات ضغط واطئ .
- ٣ - عند مدخل المياه في أحواض تخزين المياه .
- ٤ - في شبكات المياه في الأماكن المنخفضة في المدينة .
- ٥ - ويتركب هذا الصمام على المواسير الطويلة لتخفيف الضغط الناتج عن قفل صمامات الحجز بسرعة وما ينتج عنه من مطرقة مائية .



شكل رقم ١٢ - ٣٠

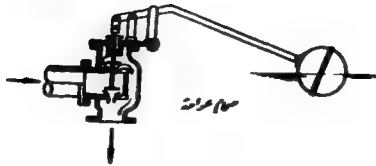
ويتكون هذا الصمام من مكبس صغير يرتكز على زنبرك فإذا زاد ضغط الماء يتحرك المكبس نتيجة لهذا الضغط فينكشف فتحة صغيرة في جدار اسطوانة المكبس . فيخرج الماء من الفتحة وبذلك ينخفض الضغط ويعود المكبس إلى وضعه الأصلي بفعل الزنبرك -

٤ - صمام عوامة (Float Valve) (شكل ١٢ - ٣١) :

ويتركب هذا الصمام على مداخل المياه في أحواض الترشيح وأحواض تخزين بحيث يقل أو يفتح تبعاً لحركة العوامة التي تطفو على سطح الماء في الخوض . وبذلك يحفظ منسوب المياه في الخوض ثابتاً .

• - صمام غسيل (Scour Valve) :

وهو عبارة عن صمام حجز عادي يوضع في النقط المنخفضة في القطاع الطويل للماسورة وذلك لتفريغ خط المواسير عند الحاجة .



شكل رقم ١٢ - ٣١

٦ - صمام حريق (Fire hydrant) :

توضع صمامات الحريق في شبكة المواسير على مسافات تتوقف على العوامل الآتية :

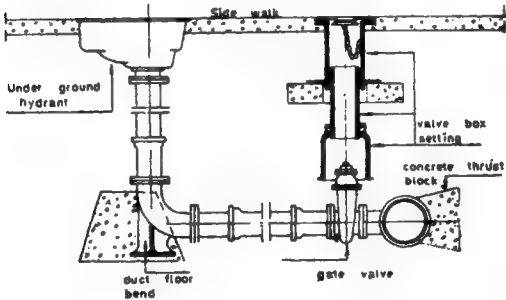
- ١ - الضغط الموجود في شبكة المواسير .
- ٢ - احتمالات حدوث الحرائق .
- ٣ - قيمة الممتلكات في المنطقة والمراد حمايتها ضد الحريق .
- ٤ - نوع المواد المستعملة في المباني ومدى مقاومتها للحرائق .
- ٥ - استعمالات المنطقة تحت الدراسة هي منطقة سكنية أو صناعية أم تجارية .

ويوصى دائماً بألا تتجاوز المسافات بين صمامات الحريق والمسافات الآتية :

- | | |
|---|--------------|
| المناطق الصناعية والتجارية العالية القيمة : | ٥٠ - ٧٠ متر |
| المناطق السكنية المتلاصقة بالمبانى : | ٧٠ - ٩٠ متر |
| المناطق ذات المساكن المنفصلة (فيلات) : | ٩٠ - ١٥٠ متر |

وينبغي ألا يقل قطر الماسورة التي يركب عليها صمام الحريق عن ستة بوصات كما أنه يركب على كل صمام ثلاثة خرطوم وهو أقل عدد من الخرطوم يلزم لمقاومة أى حريق - على ألا يقل تصرف كل خرطوم عن عشرين لتر في الثانية .

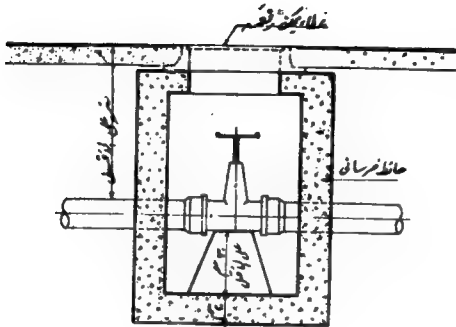
وصمام الحريق أما يكون ظاهر على سطح الأرض لسهولة الاهتداء إليه أو يكون في علب خاصة بغطاء حديدي تحت سطح الأرض - لمنع تشويه منظر الطريق (شكل ١٢ - ٣٢) .



شكل رقم ١٢ - ٣٢

حجرات وصناديق الصمامات :

لامكان الوصول إلى الصمامات المركبة على مواسير المياه الرئيسية الموجودة تحت سطح الأرض توضع هذه الصمامات في غرفة خاصة تحت سطح الأرض ولها سقف مزود بفتحة للدخول إليها لتشغيل الصمام على أن تغطي هذه الفتحة بغطاء من الحد الزهر (شكل ١٢ - ٣٣) .

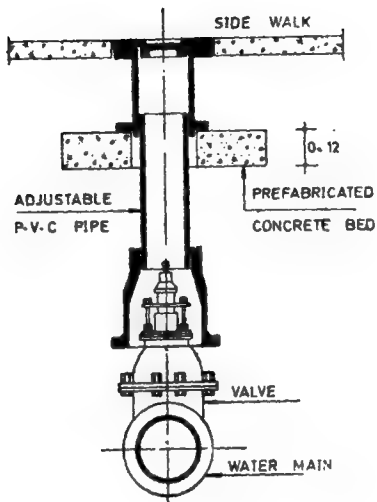


شكل رقم ١٢ - ٣٣

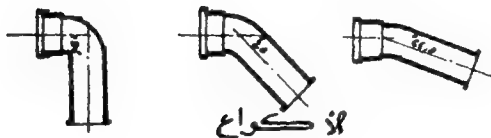
أما الصمامات الصغيرة المركبة على مواسير التوزيع داخل المدينة فتوضع في صناديق صغيرة من الزهر عبارة عن أسطوانة تزلق داخل أخسري (Telescopic pipes) ترتكز الأسطوانة السفلى على الماسورة المركبة عليها الصمام وتمتد الأسطوانة العليا لتصل إلى سطح الأرض على أن تغطى بغطاء من الحديد. وفي هذه الحالة يتم تشغيل الصمام بواسطة عامود حديدي خاص يمتد داخل الأسطوانة إلى رأس الصمام (شكل ١٢ - ٣٤).

Elbows : الأكسواع

تركب الأكسواع على المواسير عند تغيير اتجاهها ونظرًا لتعرضها لضغط كبير نتيجة اتجاه مسار الماء فإنه يحسن أن يكون هناك جدار الكوع أكبر من تلك المواسير العادية كما يجب أن يوضع كتلة خرسانية حول الكوع لتلقى الضغط العالي الناتج عن تغيير اتجاه مسار المياه.



شکل رقم ۱۲ - ۳۴

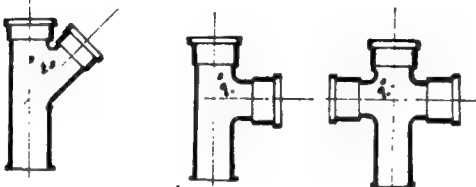


شکل رقم ۱۲ - ۳۵

وتسمى الأكواع بدرجة انحنائها - فهناك كوع 90° درجة أو $\frac{1}{4}$ دائرة وكوع 45° أى $\frac{1}{2}$ دائرة ... وهكذا .

المشتركات Junctions (شكل ١٢ - ٣٩) :

والفرض من هذه المشتركات عمل تفرعات في خط المواسير وهى إما على شكل زاوية قائمة وتسمى في هذه الحالة (T أو +) تبعا لعدد التفرعات أو بزاوية حادة وتسمى في هذه الحالة (Y) - كما أن الماسورة المتفرعة والماسورة الرئيسية أما تكونا بنفس قطر الماسورة الأصلية أو بقطر



المشتركات

شكل رقم ١٢ - ٣٦

أقل . وعندئذ يرمز لها بكسر بسطه قطر الماسورة المتفرعة ومقامه قطر الماسورة الأصلية : أى أن ($\frac{Y}{D}$) بقصد بها مشترك على شكل (Y) الماسورة الأصلية فيه قطر ١٢ والماسورة الفرعية فيه قطر ٦) .

وينجب مراعاة أن يصب حول المشتركات في المواسير الرئيسية الكبير كتل من الخرسانة لتلقى الضغط العالى الناتج من تغيير اتجاه مسار المياه - وذلك أسوة بالكيعان .

الساوب Taper (شكل ١٢ - ٣٧) :

وهي وصلة خاصة الغرض منها توصيل ماسورة ذات قطر معين
بماسورة ذات قطر أكبر أو أصغر منها - وطول المطلوب يتراوح ما بين
٩٠ - ١٢٠ سنتيمتر .

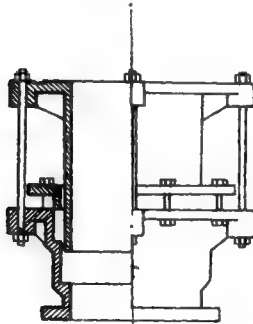


المسلوب

شكل رقم ١٢ - ٣٧

وصلة تمدد Expansion joint (شكل ١٢ - ٣٨) :

وهذه تستعمل في المواسير الزهر أو الصلب إذا كانت مكشوفة معرضة
للتقلبات الجوية وإذا تعلت طولها عشرين متراً . إذ أن عدم تواجدها يعرض
الماسورة لعوامل التمدد أو التقلص مما يؤثر على لحامات الماسورة .



وصلة تمدد

شكل رقم ١٢ - ٣٨

عدادات المياه Water meters :

والغرض منها قياس تصرفات المياه ، سواء كان ذلك من محطات انطامبات أو محطات التنقية أو في المواسير الرئيسية أو الفرعية أو على الوصلات المنزلية - وهناك أكثر من نوع من العدادات :

١ - عداد فنتورى (Venturi meter) :

وهو يستعمل على المواسير الرئيسية أو في مخارج الطلمبات وفيه يسجل التصرف على ورق بياني يلف بواسطة عداد زمنى وتحفظ هذه البيانات للرجوع إليها عند الحاجة لأغراض تصميم وحدات مستجيدة في محطات المياه).

وحساب التصرف في عداد فنتورى :

$$Q = C_d \frac{D_e D_t^2}{4 (D_e - D_t)^4} 2 \sqrt{g H}$$

حيث Q = التصرف

D_e = قطر مدخل الفنتورى .

D_t = قطر مضيق الفنتورى

h = فرق ضغط الماء ما بين مدخل ومضيق الفنتورى .

C_d = معامل التحريف ويساوى ٠.٩٨ - ٠.٩٩ .

٢ - عداد ديبكون (Deacon meter) :

ويستعمل هذا العداد على الفروع الرئيسية لبيان التصرف فيها وهو أيضاً يسجل التصرف على ورق بياني يلف بواسطة عداد زمنى .

٣ - عدادات لفافة (Rotary meter) :

وهي على أنواع منها عداد التربين (Turbine) (عداد مروحة) fan
عداد لولبي (spiral) .

٤ - عداد منزلي (House meter) :

وهو أضغر العدادات المستعملة ويستعمل على فروع التغذية للسنازل
ويقرأ التصرف في العداد بواسطة مؤشرات على واجهة العداد .

الضغوط والاجهادات في المواسير

Stresses in pipes

تعرض جدران مواسير شبكات توزيع المياه للاجهاد نتيجة لقوى
الآتية المؤثرة عليها :

١ - الاجهاد نتيجة للضغوط الداخلية Internal pressure بسبب سير
الماء فيها تحت ضغط لا يقل عن ٢٥ متر في أقصى نقطة في الشبكة .

٢ - ضغوط نتيجة تغير في اتجاه سير الماء (change in direction)
نتيجة لانحناء في تخطيط الشبكة .

٣ - ضغط المطرقة المائية (Water hammer) وهو الضغط الناتج
عن قفل صمامات الشبكة بسرعة أو فجأة .

٤ - ضغط نتيجة تعرض المواسير لتغير في درجات الحرارة
(Temperature stresses) .

١ - الاجهاد نتيجة الضغط الداخلي للماء

وهنا يسبب تعرض جدران المواسير للشد (Tension stresses) الذي
(٣٠)

يمكن تقديره بالمعادلة (شكل ١٢ - ٣٩) :

$$S = \frac{dP}{2t} = \frac{rP}{t}$$

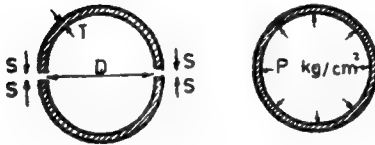
حيث S = قوة الشد في جدار الماسورة (كيلوجرام/سم^٢)

d = قطر الماسورة بالسنتيمتر

p = الضغط الداخلى للماء (كيلوجرام/سم^٢)

t = سمك جدار الماسورة بالسنتيمتر

r = نصف قطر الماسورة بالسنتيمتر



شكل رقم ١٢ - ٣٩

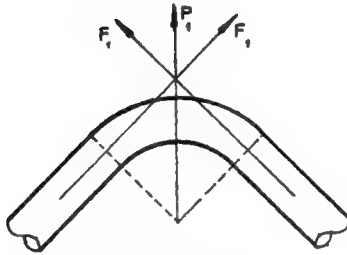
٢ - الاجهاد نتيجة تغير في اتجاه الماسورة :

وهذا ينقسم إلى اجهاد نتيجة الضغط الداخلى للماء واجهاد نتيجة القوة الطاردة في المركزية (centrifugal force) بسبب سير الماء في الماسورة المنحنية (شكل ١٢ - ٤٠ - ١٢ - ٤١) :

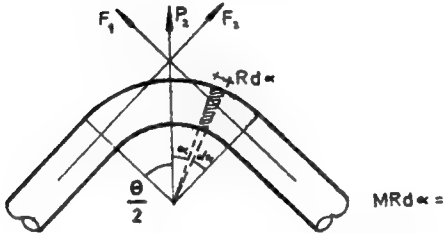
ويقدر الاجهاد نتيجة الضغط الداخلى للماء بالمعادلة :

$$P_t = 2 F_2 \sin \frac{\theta}{2} = F_1 \sqrt{2 (1 - \cos \theta)}$$

$$F_1 = \frac{\pi d^2}{4} p$$



شكل رقم ١٢ - ٤٠ .



شكل رقم ١٢ - ٤١

كما يقدر الضغط نتيجة القوة الطاردة المركزية بالمعادلة الآتية :

$$P_2 = 2 M V_0 \sin \frac{\theta}{2}$$

حيث P_1 = محصلة الضغط على كوع (منحنى) الماسورة . نتيجة الضغط الداخلي للماء فقط .

F_1 = الضغط الكلى الداخلى على مقطع الماسورة .

p = الضغط الداخلى للمياه فى الماسورة .

θ = زاوية انحناء الماسورة .

d = قطر الماسورة .

v = سرعة سير المياه في الماسورة .

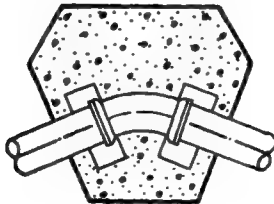
M = كتلة الماء المتحركة / الثانية .

P_2 = محصلة الضغط على كوع (منحنى) الماسورة نتيجة حركة

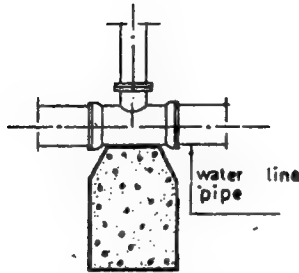
المياه بسرعة v في الماسورة .

وبذلك يكون الضغط الكلى على المنحنى والذي قد يسبب حركة الكوع من مكانه $P_1 + P_2$ ، هذا الضغط يجب أن يقاوم بصب خرسانة حول الكوع كما في الشكل (١٢-٤٢) كما يجب أن يصب الخرسانة حول الوصلات والمسلوب في شبكة المواسير لنفس الغرض (شكل ١٢-٤٣-١٢-٤٤) .

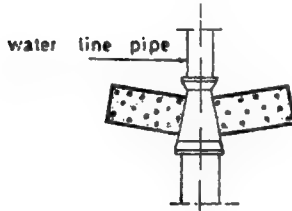
كما أن القوة الطاردة المركزية تسبب قوة شد على طرف الكوع :
 $F_2 = Mv^2$ - ولذلك يجب أن تصمم الوصلة بين الكوع -وع والماسورة لتحتمل هذا الشد بالإضافة إلى الضغط $p = F_1$ الناتج من تعرض الماء للضغط ثابت قدره p كيلوغرام/السم^٢ المربع - دون أن يتأثر لحام الوصلة .



شكل رقم ٢ - ٤٢



شكل رقم ١٢ - ٤٣



شكل رقم ١٢ - ٤٤

٣ - ضغط المطرقة المائية Water hammer :

وهذا الضغط ينتج من انخفاض مفاجيء في سرعة سير المياه : نتيجة لقفل صمام قفلا مفاجئا أو بسرعة كبيرة - إذ عند حدوث هذا القفل تتوالد موجة من التضاغط تسير بعكس اتجاه سير المياه وبسرعة V_w تقدر بالمعادلة الآتية :

$$V_w = 4665 \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{K_d}{Et}}}$$

أما النهاية العظمى للزيادة في الضغط داخل الماسورة وقدره "p" فإنه
يقدر من المعادلة :

$$P = \frac{v W V_w}{144 g}$$

$$= \frac{4665}{144 g} v W \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{K_d}{Et}}}$$

حيث V_w = سرعة موجة التضغوط داخل الماسورة .

v = وزن وحدة حجوم الماء .

E = معامل مرونة مادة الماسورة Modulus of Elasticity

K = معامل المرونة الحجمى للسائل .

Bulk modulus of elasticity of fluid

d = قطر الماسورة .

g = سماك جدار الماسورة

g = عجلة الجاذبية الأرضية

v = سرعة الماء في الماسورة

والزيادة الفعلية في الضغط قد لا تصل إلى النهاية العظمى كما هو محسوبة
بالمعادلة السابقة - ويتوقف هذا على الزمن الذى تستغرقه عملية قفل الصمام -

فإذا كانت المسافة بين الصمام ونقطة تخفيف الضغط (point of relief) هي L فإنه لكي تتعرض الماسورة للنهاية العظمى للضغط نتيجة للمطرقة المائية فإن زمن قفل الصمام (Time of valve closure) يجب أن يساوى أو يقل عن الزمن الخارج T_c كما يتضح في المعادلة :

$$T_c = \frac{2 L}{V_w}$$

أما إذا زاد الزمن الذى يستغرقه قفل الصمام عن الزمن الخارج فإن الضغط الفعلى للمطرقة المائية يقل عن النهاية العظمى المذكورة في المعادلة السابقة بنسبة $\frac{T_c}{T_a}$

حيث T_c = الزمن الخارج لقفل الصمام .
 T_a = الزمن الفعلى لقفل الصمام .

وبين الجدول الآتى قيمة K/E للمواد المختلفة للمواسير .

| المادة | K/E |
|-----------------|-------|
| مواسير الصلب | 0.01 |
| مواسير حديد زهر | 0.02 |
| مواسير خرسانة | 0.1 |
| مواسير خشبية | 0.2 |

٤ - الضغوط نتيجة اختلاف درجات الحرارة :

وهذه ليست من الأهمية كغيرها من الضغوط نظراً لأن الغالبية العظمى من المواسير توضع تحت سطح الأرض حيث تبعد عن التغيرات الجوية في درجات الحرارة - إلا أنه في بعض الأحوال مثل المواسير المودعة إلى

الخرزانات العالية ، فإن هذه المواسير تكون مكشوفة معرضة لهذه التغيرات
ويقدر الاجهاد في المواسير نتيجة التغير في درجة الحرارة بالمعادلة :

$$S = E \epsilon C$$

حيث : S = الاجهاد في الماسورة لاختلاف درجة الحرارة .

E = معامل مرونة مادة الماسورة .

ϵ = الاختلاف في درجات الحرارة

C = معامل التمدد لمادة الماسورة .

مثال (١) :

في الماسورة قطر ٢٠" والمنحنية بزاوية ٦٠° وبنصف قطر ٣٦' للمنحنى
أوجد الضغط الكلى على كتلة الخرسانة الساندة للمنحنى إذا كان الضغط
الداخلى على الماسورة ٥٠٠ رطل / البوصة المربعة وذلك في الأحوال
الآتية :

(أ) المياه في حالة سكون (غير متحركة) .

(ب) المياه متحركة بسرعة ٣ قدم / الثانية .

الحل :

$$\begin{aligned} P_1 &= P \sqrt{2 (1 - \cos \Theta)} \times \frac{\pi d^3}{4} \\ &= 500 \sqrt{2 (1 - \cos 60)} \times \frac{3.14 \times 20^3}{4} \\ &= 157000 \quad \text{lb} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_2 &= 2 M V^2 \sin \frac{\Theta}{2} \\ &= 2A \frac{W}{g} V^2 \sin \frac{\Theta}{2} \\ &= 2 \times \frac{3.14}{4} \left(\frac{20}{12} \right)^2 \times \frac{62.4}{12} \times 30^2 \times \frac{1}{2} \\ &= 38.4 \quad \text{lb.} \end{aligned}$$

مثال : في المثال السابق إذا كان سمك جدار الماسورة نصف بوصة
أوجد اجهد الشد في جدار الماسورة .

$$\begin{aligned} \frac{r_p}{t} &= \text{الشد على وحدة المساحات} \\ &= \frac{10 \times 500}{0.5} \\ &= 10,000 \text{ lb/inch}^2 \\ \text{since less than } 10000 \text{ lb/inch}^2 \\ &\therefore \text{ Safe.} \end{aligned}$$

مثال : في المثال السابق (١) أوجد قوة الشد على الوصلة بين الكوع
والماسورة - وإذا كانت هذه الوصلة بطريقة - - - - - الأوجسمة المتقابلة
Flanged ends ومثبتة بالمسامير . فأوجد عدد المسامير اللازمة إذا كان كل
مسمار يتحمل شد قصه ٥٠٠٠ رطل .

$$\begin{aligned} F_1 &= \frac{P_1}{2 \sin \frac{\theta}{2}} & P_1 &= 157000 \text{ lb} \\ &= \frac{157000}{2 \times 1/4} = 157000 \text{ lb} \\ F_2 &= M V^2 \\ &= A \frac{W}{g} V^2 \\ &= \frac{3.14}{4} \times \left(\frac{20}{12} \right)^2 \frac{62.4}{32} \times 3^2 \\ &= 38.4 \text{ lb.} \\ \therefore F_1 + F_2 &= 157038.4 \text{ lb.} \end{aligned}$$

... عدد المسامير اللازمة لتثبيت الكوع في الماسورة

$$32 = \frac{157038.4}{5000}$$

مثال : في المثال السابق (١) أوجد الزيادة في الضغط داخل الماسورة نتيجة المطرقة المائية في الحالات الآتية :

(أ) القفل المفاجيء للصمام .

(ب) زمن القفل مرة ونصف الزمن الحرج .

وذلك إذا علم أن طول الماسورة بين الصمام ونقطة تفريغ الضغط ثلاثين قدم وأن قطر الماسورة ٢٠" وأن الماسورة من الحديد الزهر ($K/E = 0.02$)

الحل :

$$\begin{aligned} V_w &= 4665 \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{K_d}{ET}}} \\ &= 4665 \sqrt{\frac{1}{1 + 0.02 \times \frac{20}{0.5}}} = 3470 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= \frac{v W V_w}{144 g} \\ &= \frac{3 \times 62.4 \times 3470}{144 \times 32.2} = 140 \text{ lb/inch}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ب -} \quad t_g &= 1.5 \quad t_c \\ \therefore P &= 140 \times \frac{1}{1.5} = 93.4 \text{ lb/inch}^2 \end{aligned}$$

خزانات المياه

تزود اعمال توزيع المياه بالخرانات اللازمة والفرص منها :

(١) بالنسبة لكمية المياه :

١ - مقاومة الحريق :

توفير كمية من المياه لسد احتياجات مقاومة الحرائق التي قد تنشأ فجأة وفي هذه الصدد يكون التخزين على مناسيب عالية في خزانات مرتفعة أكثر فائدة من الخزانات الأرضية إذ أن الخزانات العالية توفر ضغطاً للماء بالإضافة إلى تخزين كمية من الماء .

٢ - سد احتياجات التغير في معدل الاستهلاك :

إذا أُنْه عند تشغيل محطة الطلمبات بمعدل ثابت طول اليوم . فإن الفائض من تصرف الطلمبات عن احتياجات المدينة في المساء وفي الصباح الباكر يُخزن في الخزانات ، أما في الوقت الذي يزيد فيه استهلاك المياه في المدينة عن تصرف الطلمبات فإن المياه التي سبق تخزينها تتصرف من الخزانات إلى المدينة لتعويض النقص في تصرف الطلمبات .

٣ - التخزين للطوارئ :

والمقصود به تخزين كمية كافية من الماء لمواجهة احتمال حدوث خلل أو عطل غير متظر في وحدات التنقية أو الرفع .

(ب) بالنسبة لتوفير الضغط اللازم :

١ - الحد من التغير في الضغط في المناطق المختلفة من الشبكة نظراً لتغير معدل الاستهلاك .

٢ - حفظ ضغط كافى فى المناطق البعيدة - إذ أن إقامة خزانات عالية لتخزين المياه فى المناطق البعيدة عن محطة الرفع العالى - يساعد على تحسين الضغط فى هذه المناطق البعيدة - كما أنه يمكن الحصول على نفس التحسين بإنشاء محطات ضغط مساعدة (Booster Pumps) على طول خط الماسورة الرئيسية مع ما قد يستتبعه من إقامة خزانات أرضية .

٣ - تثبيت عامود الضغط الذى تعمل ضده طلمبات الضغط العالى وذلك يتم بإنشاء خزانات عالية بالمغرب من محطة الطلمبات وفى هذه الحالة يكون عامود الضغط الذى تعمل الطلمبات ضده يساوى ارتفاع الماء فى الخوض عن منسوب الطلمبات - وهو ما يكاد يكون ثابتاً مما يساعد على انتظام وزيادة كفاءة تشغيل محطات الطلمبات .

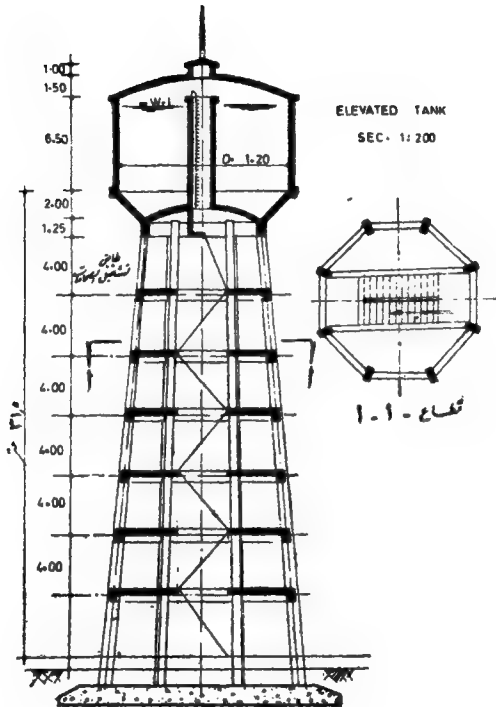
أنواع أحواض التخزين :

(أ) الخزانات الأرضية (Surface or ground Storage) :

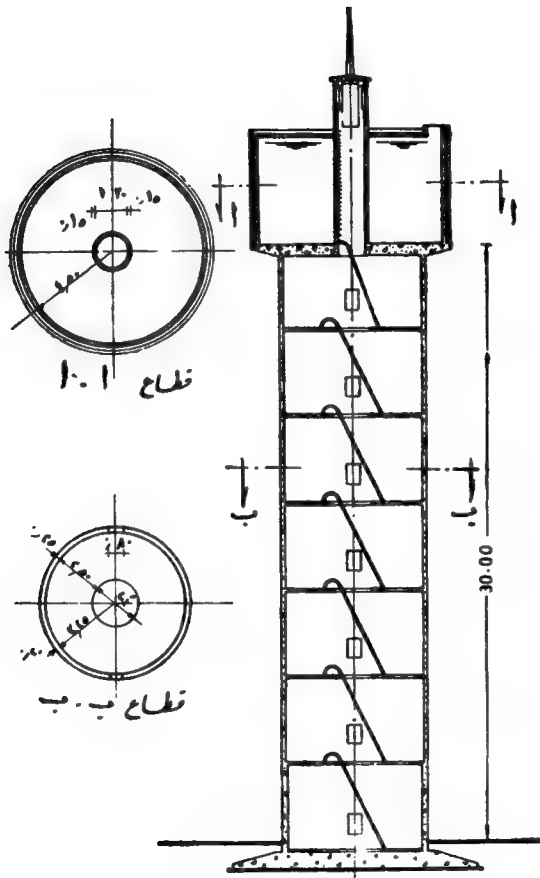
وهى خزانات تبنى على سطح الأرض مباشرة دون رنغ للمياه فى الخوض وفى هذه الحالة توزع الخزانات فى أماكن مختلفة فى المدينة على أنه يلزم فى هذه الحالة إنشاء طلمبات بجوار كل خزان لضخ الماء منه فى شبكة المواسير عند الحاجة .

(ب) خزانات عالية (Elevated Tanks) :

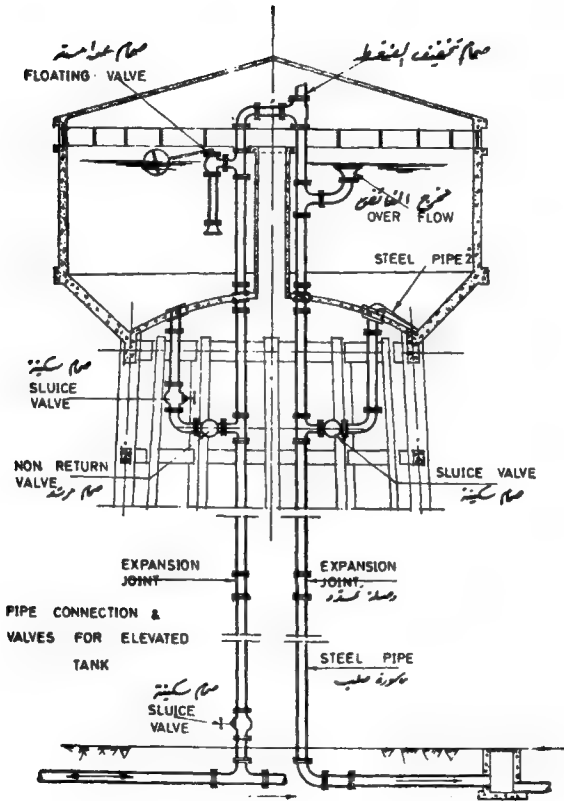
وهى خزانات من الخرسانة أو الصلب تبنى على ارتفاع عالى (شكل ١٢ - ١٢٠٤٥ - ٤٦) من سطح الأرض والغرض من بناء هذه الأحواض :



شکل رقم ١٢ - ٤٥



شکل رام ۱۲ - ۸۶



شكل رقم ١٢ - ٤٧

- ١ - حفظ ضغط كافى فى شبكة المواسير .
- ٢ - تغذية المدينة بالمياه عندما يكون معدل تصرف الطلبات أقل من معدل استهلاك المياه فى المدينة .
- (ج) خزانات المياه المرشحة فى محطة التنقية (Clear water tank) :

والغرض منها استقبال المياه المرشحة تمهيداً لضخها عن طريق محطة الضغط العالى فى شبكة التوزيع وقد سبق شرح هذه الخزانات .

الخزانات العالية

وهذه من الوحدات الهامة فى أعمال توزيع المياه فى المدينة ونادراً ما تغلظ مدينة من خزان على أو أكثر والخزان العالى عبارة عن خزان من الخرسانة أو الصلب مرفوع على أعمدة من الخرسانة أو الصلب كذلك على أن يكون المياه على منسوب يحفظ ضغاً كافياً فى شبكة المواسير فى أقصى مكان فى المدينة . بحيث لا يقل عن الضغط الذى يسمح برفع المياه إلى الدور الرابع فى المنازل كما سبق ذكره - كما يجب أن تكون سعة هذا الخزان كافية لاستقبال الماء الزائد فى معدل تصرف طلبات الضغط العالى عن معدل استهلاك المياه فى المدينة أيعود هذا الفائض إلى المدينة عندما يقل معدل تصرف طلبات الضغط العالى عن معدل استهلاك المياه فى المدينة .

ويتصل الخزان العالى بشبكة التوزيع بواسطة مانورة رأسية لتغذية الحوض بالماء وكذلك تغذية شبكة التوزيع بالماء من الحوض .
مركب عليها الصمامات الآتية (شكل ١٢ - ٤٧) :

١ - صمام حجز (Sluice Valve) في أسفل الماسورة يقفل عندما يراد حجز الماء عن الخوض للتنظيف أو الإصلاح .

٢ - صمام عوامة (Float Valve) على أعلى الماسورة حيث تدخل المياه إلى الخوض عندما يزيد معدل ضخ الطلمبات عن معدل استهلاك الماء في المدينة والغرض من صمام العوامة هو تنظيم دخول الماء بحيث يقفل الصمام تماماً إذا ما وصل الماء في الخوض إلى منسوب معين .

٣ - صمام مرتد (Non return valve) مركب على فرع ما بين الماسورة الرأسية وقاع الخزان - هذا الصمام يسمح بخروج الماء من الخوض إلى الماسورة الرأسية (وليس بالعكس) عندما يزيد معدل استهلاك الماء في المدينة عن معدل ضخ الطلمبات

٤ - صمام حجز (Sluice valve) مركب على نفس الفرع ويقفل عندما يراد إيقاف صرف الماء من الخوض إلى شبكة التوزيع عن طريق الماسورة الرأسية - كما هو الحال عند غسيل الخوض بعد إصلاحه .

كما يتصل الخزان عن طريق ماسورة رأسية أخرى تسمى بماسورة العادم - بشبكة الصرف في المدينة (Sewerage System) لتمكن صرف المياه من الخوض بعد غسله ، ومركب على هذه الماسورة الآتي :

١ - هدار مخزج للماء الفائض - والغرض منه خروج المياه الزائدة عن منسوب معين - عند حدوث خال في صمام العوامة السابق ذكره - وهذا الهدار موجود في أعلى الماسورة .

٢ - صمام حجز مركب على فرع ما بين ماسورة العادم وقاع الخزان وهذا الصمام يبقى مقفولا ما دام الخزان مستعملا - ويفتح فقط لصرف الماء من الحوض عند غسيل الحوض .

٣ - كما تتصل الماسورتين الرأسيّتين : ماسورة التغذية وماسورة العادم بواسطة فرع أفقى مركب عليه صمام أمن يفتح آليا إذا زاد الضغط فى الماسورة الرأسية المغذية عن حد معلوم (حوالى عشرة أمتار زيادة عن منسوب الماء فى الخزان) نتيجة مطابقة مائية أو تشغيل الطلمبات فجأة .

وكانتا الماسورتين الرأسيّتين وفروعهما من الصاب ووصلاتهما من نوع المواسير ذات الشفة المربوطة بمسامير ولما كانت هذه المواسير مكشوفة معرضة للتقذبات الجوية فإنه يجب أن يركب وصلة تمدد على كل منها حتى لا يتأثر الماسورة بأجهادات نتيجة اختلاف درجات الحرارة من وقت لآخر

كما يزود كل الخزان العالى بالتمهييزات الآتية :

١ - سلام لامكان الوصول من منسوب الأرض إلى الخزان ولتشغيل الصمامات المختلفة على المواسير .

٢ - مشاية حول الخزان على أن يكون الجدار الخارجى للمشاية بارتفاع الخزان ومزود بالشبابيك اللازمة لاضاءة المشاية - على أن تتصل بالسلم المذكور أعلاه ومنها إلى سطح الخزان - كما أن الغرض من ارتفاع الجدار الخارجى لهذه المشاية هو حماية حدران الخزان من أشعة الشمس والتغيرات الكبيرة فى درجات الحرارة التى قد تؤدى إلى حدوث شروخ فى جسم الخزان خاصة إذا كان من الخرسانة المسلحة .

٣ - جهاز تبيان المنسوب Level Indicator : والغرض منه نقل البيانات الخاصة بمنسوب الماء في الخوض إلى محطة الطلبات لتنظيم تشغيل وحدات الطلبات .

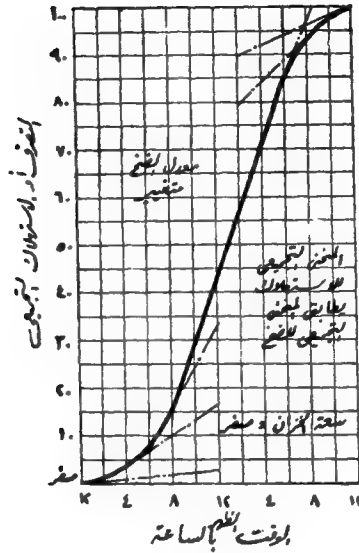
٤ - السقف : ويفضل دائماً تغطية للخزان العلوى بسقف من نفس مادة بناء الخزان وذلك بغية حماية الماء من التلوث من الأتربة في الجو أو الحشرات أو فضلات الطيور .

سعة الخزان العلوى :

في البلاد الصغيرة التي لا يتجاوز تعدادها مائة ألف شخص يبنى الخزان العلوى بحيث تكون سعته تساوى احتياجات المدينة مدة تتراوح بين ثمانية ساعات واثني عشر ساعة وهو الوقت الذي قد تتوافر فيه محطة الطلبات عن الصبح يوماً عند تشغيلها فترة النهار فقط وإيقافها في المساء .

أما في البلاد الكبيرة التي يتراوح تعدادها ١٠ بين مائة ألف شخص ونصف مليون شخص فيكفى بأن تكون سعة الخزان مساوية لاحتياجات المدينة مدة تتراوح بين ساعتين وأربعة ساعات إذ أن في هذه البلاد تعمل محطة الطلبات وكذلك محطة التتمة طول اليوم ٢٤ ساعة يومياً .

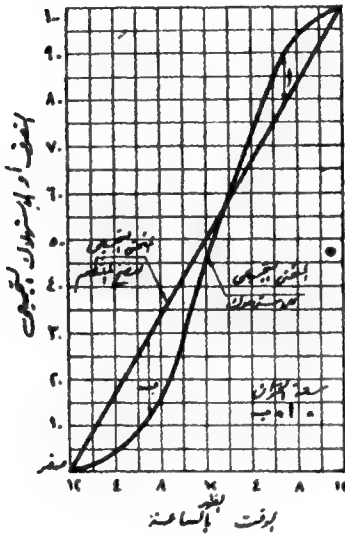
أما في البلاد الأكبر من ذلك والتي يتعدى تعدادها مليون نفس فقد يستغنى كلية عن الخزان العلوى إذا توافرت قوة احتياطية من الطلبات في محطة الضغط العالي يمكنها أن تفي باحتياجات المدينة القصوى التي تحدث في منتصف النهار في أيام الصيف الحار - أي أن المضخات لن تشتغل بأقصى قوتها إلا في فترات قليلة طول العام ولذلك فإن مثل هذا النظام يعتبر أكثر تكاليفاً من المشروعات التي تشمل انشاء خزانات المياه العالية ولذلك فهو لا يتبع في كثير من الأحوال (شكل ١٢ - ٤٨) .



شكل رقم ١٢ - ٤٨

ولحساب سعة الخزان بدقة لابد من دراسة معدل استهلاك المدينة للمياه والتغيرات التي تحدث فيه من ساعة إلى ساعة في نفس اليوم ورسم منحنى تجميعي (Mass Curve) لهذا المعدل . كما يرسم على نفس الشكل منحنى التجميعي للضغط الطامحات فإذا كان معدل الضغط منتظماً كان المنحنى التجميعي للضغط عبارة عن خط مستقيم (شكل ١٢ - ٤٩) أما إذا كان معدل الضغط متغير وكذلك في حالة عمل الطامحات لساعات محدودة كل

- يوم فيكون المنحنى التجميعي للضغط عبارة عن خط متكسر (شكل ١٢).
- ١٢ - ٥١) ويلاحظ أن مجموع الاستهلاك الكلي للمياه لابد أن يكون للضغط الكلي للطاقات سواء كان الضغط منتظما أو غير منتظم.



شكل رقم ١٢ - ٤٩

وفي حالة انتظام معدل الضغط يرسم خطين مماسين للمنحنى التجميعي للاستهلاك موازيين للخط التجميعي للضغط وبذلك تكون المسافة الرأسية بين المماسين مساوية لسمة اللازمة للخزان العالي (شكل ١٢ - ٤٩).

أما في حالة عدم انتظام معدل الضخ أو تشغيل الطلبات ساعات محدودة في اليوم فإن مجموع أكبر بعدين رأسيين بين المنحنى التجميعي للضخ والاستهلاك (أحدهما واقع فوق منحنى الاستهلاك والآخر تحت منحنى الاستهلاك) يكون مساوية لسعة الخزان (شكل ١٢ ، ٥٠ ، ١٢ - ٥١) .

اختبار مكان الخزان العالي: (Location of Elevated tank) (شكل ١٢-٥٢)

هناك أكثر من موقع للخزان العالي الذي يخدم مدينة ما :

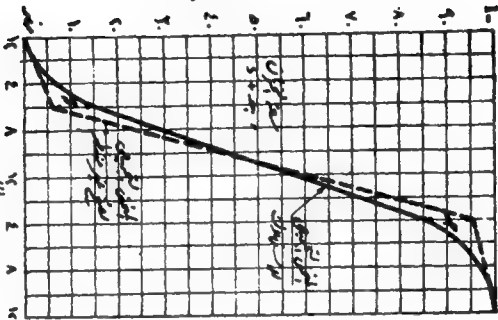
١ - أن يكون في موقع متوسط بالنسبة للمدينة ويمتاز هذا الاختبار بحفظ ضغط يكاد يكون ثابتا في المواسير في المدينة الا في الجزء الواقع ما بين محطة الطلبات والخزان العالي .

٢ - أن يكون الموقع في الجانب الآخر للمدينة بالنسبة لمحطة الطلبات وتتميز هذه الطريقة بإمكان امداد المدينة بالمياه من جانبيها بالمياه عند زيادة الاستهلاك الا أن الضغط في المواسير بالقرب من محطة الطلبات يكون متغيرا تغيرا كبيرا فيكون أقصاه عند عمل الطلبات - ويكون أدناه عند توقف الطلبات و امداد المدينة بأكملها من الخزان العالي .

٣ - أن يكون الموقع بالقرب من محطة الطلبات : الا أن هذا الاختبار يعيبه لارتفاع الضغط في شبكة المواسير باستمرار بالقرب من الخزان وانخفاض الضغط باستمرار في الجانب الآخر من المدينة الأمر الذي قد يستلزم انشاء محطة ضغط مساعدة (Booster) .

٤ - بناء أكثر من خزان عالي في المدينة - وهذا يستلزم دراسة أعمق لتوزيع استهلاك المياه في المناطق المختلفة للمدينة - وكذلك يلزم دراسة ارتفاع هذه الخزانات وطريقة توصيلها مع بعضها وطريقة رفع المياه الى كل منها ونتيجة لهذه الدراسة يتبع إحدى الطريقتين :
الآتين :

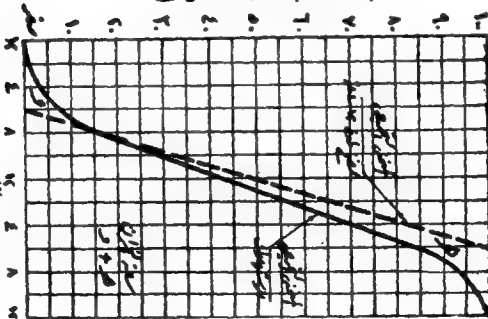
بافتن آرد پسته‌دار قیمتی



شکل رقم ۱۲ - ۵۱

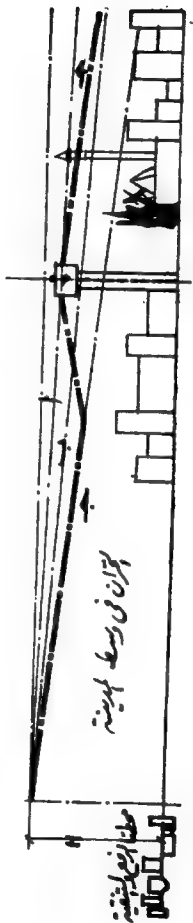
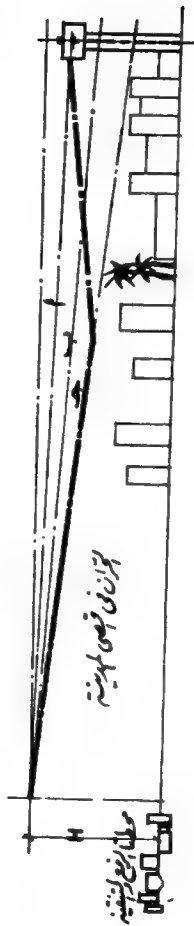
بافتن آرد پسته‌دار

بافتن آرد پسته‌دار قیمتی



شکل رقم ۱۲ - ۵۰

بافتن آرد پسته‌دار



(١) ينشأ خزان على رئيسى بالقرب من محطة الطلمبات على أن تقسم المدينة إلى مناطق لكل منها خزان على فرعى يستمد مياهه من ماسورة رئيسية من الخزان الرئيسى مباشرة أو من خزان فرعى مجاور ويعيب هذه الطريقة تعرض الأجزاء الأولى للشبكة القريبة من الخزان العالى الرئيسى لضغوط عالية مما يستلزم استعمال مواسير مرتفعة الأتسسان تتحمل هذه الضغوط العالية .

(ب) ينشأ مجموعة من الخزانات المستقلة عن بعضها على أن ينشأ بجوار كل خزان محطة طلمبات تسحب المياه من ماسورة المياه الرئيسية وترفعها إلى الخزان المجاور لها - ومن ثم تخرج المياه من الخزان لتغذية المنطقة المحيطة به - ويعيب هذه الطريقة :

١ - الماسورة الرئيسية لا تستعمل لتوزيع المياه في المناطق مباشرة بل تستعمل فقط لتغذية الخزانات .

٢ - كثرة محطات الرفع المساعدة التي يصل مجموع قوتها إلى ما يزيد عن قوة المحطة الرئيسية للرفع .

٣ - ضرورة تواجد قوة محرّكة للطلمبات في موقع الخزانات .

إلا أنها تتميز بالمزايا الآتية :

١ - تساوى ارتفاع الخزانات .

٢ - تساوى الضغط في جميع أنحاء الشبكة .

٣ - استعمال مواسير خفيفة نتيجة لعدم تعرض الشبكة لضغط عالى :

توزيع المياه داخل المباني

توصيل المياه للمباني :

توصل المياه لمن أنابيب التوزيع العمومية (City main pipe) إلى المباني بواسطة أفرع أو وصلات للتغذية (service pipe) يقوم بعملها عادة مرفق المياه على حساب المالك للمبنى وهى عبارة عن أنبوبة من الرصاص الثقيل أو الحديد توصل بأنبوبة التوزيع وتمتد إلى داخل سور المبنى أو الحائط الخارجى له .

وتوصل أنبوبة التغذية بأنبوبة التوزيع العمومية بأحد الطرق الآتية :

١ - إذا كانت أنبوبة التغذية من الرصاص كان التوصيل بواسطة لأكور يركب على أنبوبة التوزيع العمومية فى ثقب مقلوظ يثقب عادة فى سطحها العلوى عند عمل الوصلة ويحسن فى هذه الحالة أن تشكل أنبوبة التوصيل الرصاص على شكل منحنى رقبة الأوزة (Goose neck) حتى يكون الاتصال مرنا لتتأدى أى كسر فى الماسورة إذا حدث هبوط لها أو فى المبنى .

٢ - إذا كانت أنبوبة التغذية من الحديد فتعمل الوصلة بينها وبين أنبوبة التوزيع بواسطة نبل (nipple) يركب فى ثقب مقلوظ يعمل فى أنبوبة التوزيع ثم يركب عليه رقبة من الزهر تسمى (saddle) توضع تحتها حلقة من الكاونتش لمنع تسرب الماء وتثبت الرقبة فى مكانها بواسطة جلبة من الحديد تركب على النبل . ويلاحظ ان هذه الوصلة غير مرنة بعكس سابقتها التى تشكل فيها الماسورة على شكل رقبة الأوزة ، ولذا يحتمل حدوث كسر فى المواسير عند حدوث أى هبوط فى المباني ،

٣ ثلاث عيب الطريقة الثانية يمكن عمل وصله من المواسير خاص بن أبوبة التوزيع وأنوبة التوصيل على أن تكون هذه الرصاصة كل رصاصة الأوردة وفي هذه الحالة يركب على ماسورة التوزيع لا كورر. بالماسورة الرصاص المشكلة على شكل دقة الأوردة بواسطة أنوبة مصورة وهذه ملحق في رصاصة الأوردة وصل بالماسورة الحديد بواسطة اللدائن أيضا وكلا اللدائنين يعمل بالمرصاصة (الماسورة) (الماسورة)

٤ قطع أسبوع التوزيع العمومية وتركيب مشترك لها ليتصل بالماسورة الحديدية ويكاد يكون استعمال هذه الطريقة في أعلى عمل وصلات الحرق بالنار.

٥ ومما زاد حرجا أن تكون هذه طرق التوصيل الجاهزة في بعض الأحيان أن يوصل المني في بعض الأحيان في تغذية كل منها تتصل بأوردة توزيع عمومية مختلفة عن الأخرى ولذلك، بتعدد احتمالات انقطاع الماء عن المنزل في حالة صلاح أحدها مواسير التوزيع. وهذه الطريقة كبيرة التعقيل إذ يجب أن يركب كل كل من ماسورتى التوصيل المحابس اللازمة حتى لا يمر الماء من أحد مواسير التوزيع إلى الأخرى خلال مواسير المنزل خاصة أثناء تصلح أحد مواسير التوزيع. وهذه الطريقة تنفع فقط عند وجود منزل حل مفترق طريقين أو أكثر.

ويركب حل أبوبة النخاية عادة محبس أحدها خارج المبنى في الشارع داخل غرفة صغيرة أسفل رصيف الشارع أمام المنزل مباشرة وهذا المحبس خاص بمرفق المياه ويحمل في توصيل أو مقطع الماء من المألة. سداد نحن ما يستهلكه.

ويوضع المحبس الثاني على أنبوبة التوصيل بالقرب من العداد وهو خاص باستعمال المالك وبه يمكن حبس الماء عن المبنى عند اجراء إصلاح في أنابيب التوزيع داخل المبنى أو عند تركيب فروع جديدة .

طرق توزيع الماء داخل المباني :

يتم توزيع الماء إلى الأماكن المختلفة داخل المباني بأحد الطرق الآتية :

١ - استخدام ضغط المياه في أنابيب التوزيع العامة في المدينة مباشرة .

٢ - بالانحدار الطبيعي وهي المعروفة بطريقة الخزان .

٣ . بالجمع بين الطريقتين السابقتين في آن واحد للاستفادة من مزايا كل منها .

١ - طريقة استخدام ضغط المياه في المدينة :

تعتمد هذه الطريقة على الضغط الموجود في أنابيب التوزيع العمودية بالمدينة لتوصيل المياه إلى الأدوار المختلفة من المبنى . وكما ذكر قبلاً تخرج أنبوبة التغذية من أنبوبة التوزيع متجهة إلى المبنى المراد إمداده بالمياه ويكون مركب عليها محبس وعداد المياه . ويجب رقابة عداد المياه هذا بوضعه في داخل غرفة صغيرة ذات غطاء يمكن رفعه لقراءة العداد إذا كان العداد مركباً على ماسورة التغذية وهي لا تزال تحت سطح الأرض أما إذا كان العداد مركباً على ماسورة التغذية بعد أن تظهر على سطح الأرض بجسوار المبنى فيحسن أن يوضع في دولاب داخل الحائط .

بعد هذا العداد تبدأ أنبوبة رأسية تعرف بالأنبوبة الصاعدة ترتفع إلى أعلى نقطة في البناء يراد توصيل الماء إليها وتؤخذ من الأنبوبة الصاعدة أنابيب فرعية أهمها قرب مستوى الأدوار المختلفة لتغذية الصنابير والأجهزة الصحية . ويرتبط لجناح هذه الطريقة أن يكون ضغط الماء كافياً ولا يقل عن ٢٥ متر ، لرفعه إلى الدور الرابع على الأقل كما سبق ذكره .

وهذه الطريقة أبسط طرق التوزيع وأقلها تكلفةً لأنها ولائها قد نخلو من من هبوب أمهات .

١ - إذا كان الضغط في المائدة غير كافٍ تعذر وصول المياه إلى الدور العلوى خاصة في الأوقات التي يشتد فيها الطلب على المياه .

٢ - إذا كان هناك في المائدة علواً أصبحت أنابيب التغذية الداخلية وحوائطها والحفريات والمحابس عرضة لتلف السريع فتسرب المياه منها ولعلاج هذه الحالة تعمل محابس خاصة لتقليل الضغط قبل وصول المياه إلى أنابيب التوزيع

٣ - ويجب العناية في هذه الطريقة بانتخاب أنابيب التوزيع والمحابس بحيث تتحمل علالة على الضغط المساء العادى الضغط الرقيق المتأخرى الناتج من قفل المحابس دفعة واحدة (Water hammer) والمراسير الحديدية المحملين تتحمل الضغط الكبير وإذا فني أنسب في مثل هذه الحالات من المراسير الرصاص التي يجب أن تكون النوع الثقيل إذا أريد استعمالها . ولا تحتاج الماني الصغيرة أكثر من أنبوبة ساعة واحدة تؤخذ منها مباشرة الأنابيب الفرعية الأفقية إلى الأجهزة الصحية المختلفة في المبني .

أما والماء الكبير فيحتاج الأمر إلى أكثر من أنبوبة مساعدة حسب مواقع الأدواب المياه والأجهزة الصحية

وتستهلك في المباني التي تحتوي على شقق كثيرة يراد تغذية كل شقة بعدد خاص طريقة البطاريات وفيها يكون عدد الأنابيب المساعدة مساويا لعدد الشقق وتقدم إلى مجموعات حسب مواقع دورات مياه الشقق وتأخذ كل مجموعة من فرع تغذية أفقي بأخذ انحناء رأسيا لنحو متر فوق سطح الأرض حيث ينتهي بالبطارية ومنها تبتدئ الأنابيب المساعدة التي تستمر رأسيا كل منها إلى الشقة التي تغذيها على أن يركب العداد عند بدء كل ماسورة مساعدة .

ولسهولة تمييز الأنابيب المساعدة تعطى كل واحدة نمرة الشقة التي تغذيها على أن يركب على كل واحدة منها قبل العداد محبس لقطع المياه عن الشقة في حالة اصلاح المواسير الداخلية في الشقة أو حنفياتها أو أدواتها الصحية

٣ - طريقة الانحدار الطبيعي أو طريقة الخزان

وهي تختلف عن الطريقة السابقة في أن أفرع التوزيع الأفقية لا تؤخذ من الأنبوبة المساعدة مباشرة - بل تصعد هذه الأنبوبة بقطاع ثابت إلى أن تصب في خزان يوضع عادة في أعلى مكان في سطح المبنى ويكون اتصال الأنبوبة المساعدة بالخزان بواسطة صمام عرامة يفتح عند انخفاض الماء في الخزان عن منسوب معين وبقل عند ارتفاع الماء .

ويؤخذ من أسفل الخزان أنبوبة توزيع رأسية تنزل إلى مستوى الدور الأرضي ومنها تؤخذ الأفرع الأفقية التي تغذي الشقق المختلفة وفي هذه الحالة يجري الماء من الخزان إلى الصابير بقوة الانحدار الطبيعي .

وبينما تريد تكاليف هذه الطريقة عن الطريقة السابقة بقيمة الخزان تقريبا
إلا أنها تمتاز عنها بالآتي :

١ - عندما يكون الضغط في مواسير التوزيع عالياً فإن الصنابير والمحابس
في الطريقة الثانية لا تكون عرضة لالتلف بسرعة وذلك لعدم تعرضها للضغط
الكبير الموجود في مواسير المدينة . بل هي معرضة للضغط الماء الموجود
في الخزان فقط

٢ - عندما يكون الضغط في المدينة متغيرا فإن هذا التغير في الضغط
لا يؤثر في كمية المياه المنصرفة من الصنابير طالما أنها تأخذ من الخزان .

٣ - في هذه الطريقة - تخزن كمية من الماء يستمد منها السكان
حاجاتهم عند الطوارئ عند الحاجة إلى إصلاح مواسير التوزيع في الشوارع
٤ - أن ضغط الماء في أنابيب التوزيع داخل المبني يكون ثابتاً .

٥ - عدم تأثير الأموار العليا بفتح صنابير الأوار السلي .

٣ - طريقة الجمع بين الطريقتين السابقتين :

إن أفضل طريقة لتوزيع المياه في المبني هي أن يوضع خزان المياه في أعلى
المبني تؤخذ منه أنبوبة نازلة تغذي جميع الأفرع المتصلة بالأجهزة الصحية :
أما مياه الشرب أو المياه اللازمة للمطابخ فتؤخذ من أنبوبة صاعدة مباشرة
ولهذه الطريقة ميزتان .

١ - تخزن كمية كافية من الماء لتنظيف الأدوات الصحية (المراحيض
وغيرها) عند حبس الماء عن المبني بسبب إصلاح في أنابيب التوزيع في
الشوارع .

٢ - تقليل خطر تلوث ماء الشرب من طريق الأدوات الصحية .
 ذلك أنه عند قطع الماء عن أنبوبة التوزيع في الشارع لأمر ما يخف الضغط داخلها فيتسرب إليها الماء من الأنابيب الصاعدة في المباني . فإذا كانت الأدوات الصحية في هذه المباني تأخذ ماءها من الأنابيب الصاعدة مباشرة أصبح من المحتمل تلوث هذه الأنابيب الصاعدة وأنابيب التوزيع في الشارع بالمواد التي قد تنسرب إليها من الأدوات الصحية - وهنا إعادة فتح الماء في أنبوبة التوزيع في الشارع ينتقل التلوث إلى المباني المجاورة وقد تحتوي مواد التلوث على جراثيم أمراض فينتشر المرض عن هذا الطريق .
 بينما يكون الماء أصلاً خالياً من الجراثيم .

الشروط الواجب مراعاتها عند اختيار مواضع أنابيب التوزيع الداخلية :

١ - تنتخب أماكن الأنابيب بحيث يسهل دائماً الوصول إليها لأصلاحها عند الحاجة وخصوصاً الأنابيب الرئيسية - كما يراعى الاعتماد في الأنابيب فينتخب لها أقصر الطرق وأبسطها .

٢ - توضع الحابس في أماكن ظاهرة على جميع الأنابيب الرئيسية والأفرع الهامة وتنتخب أماكنها بحيث يمكن بواسطتها قطع الماء عن أى جزء معين من المبنى دون أن يؤثر ذلك في بقية الأجزاء .

٣ - توضع الأنابيب بحيث تميل نحو نقطة معينة أو أكثر بحيث يمكن تفريغ جميع أنابيب الماء عند الحاجة من صمام أو أكثر في الدود الأرضي كما أن هذا الميل يساعد على سهولة طرد المسوء عند احادة ملئها بالماء .

٤ - عند تعيين مواضع الأنابيب الصاعدة يراعى تجنب الحوائط الخارجية المعرضة كثيرا للتقلبات الجوية حتى لا تتأثر درجة الحرارة الماء في الأنابيب تأثيرا كبيرا ولا يكون تمدد وانكماش الأنابيب كبيرا .

• - تثبت أنابيب التوزيع في الحوائط والأسقف بواسطة اقنزة أو حوامل تترك للأنابيب حرية الحركة في اتجاه طولها كما نوضح في الأنابيب الطويلة وصلات تمدد تسمح لهذه الأنابيب بالتمدد والانكماش دون أن تتعرض للتلف خاصة إذا كانت هذه المواسير تستعمل لامداد المبني بالمياه الساخنة .

حساب أنابيب التوزيع :

من المعلوم أن الماء يجريه في المواسير سواء كانت شبكة توزيع المدينة أو شبكة التوزيع الداخلية في المنزل يفقد جزءا كبيرا من ضغطه في التغلب على مقاومة احتكاكه بجدران المواسير ويجب أن يكون الضغط في المواسير كافيا لايصال المياه إلى أدوار المنازل العليا كما ذكر قبل ذلك

ففي حالة المدن يكون الضغط ناتجا من قوة الطلبات التي تدفع الماء من محطة التنقية في مواسير التوزيع في الشوارع أو ناتجا من ارتفاع الماء في خزانات الماء العالية (Water tower) حسب اتجاه سير المياه وتقع طرق تقريية بسيطة تعطى نتائج حسنة في المباني الصغيرة والأفرع ولكنها تعطى نتائج أكبر من اللازم بنحو ٢٠٪ أو ٤٠٪ في المباني المتوسطة أو الكبيرة .

وتتحدد هذه الطريقة على مقدار تصرف الخدمات المختلفة أو كميات المياه اللازمة للأجهزة الصحية وعلى مقارنة الأنابيب المختلفة الأقطار .

والجداول رقم ١١ - ٣ يبين معدل كمية الماء اللازم لتغذية عداد من الأجهزة الصحية (من ١ إلى ٢٤ جهازاً) وأقطار الأنابيب التي يمكن بها اعداد الأجهزة بهذا المعدل كما يبين الجدول رقم ١١ - ٤ اعداد الأنابيب من قطر نصف بوصة يعادل تصرفها بمجموعة تصرف أنبوبة واحدة من قطر أكبر - وبواسطة هذين الجدولين يمكن حساب أنابيب التوزيع في المباني .

ويلاحظ في الجدول ١١ - ٣ أن كمية الماء تقل نسبياً كلما زاد عدد الأجهزة الصحية وذلك لأنه كلما كثر عدد الأجهزة قل احتمال استعمالها جميعاً في وقت واحد .

طريقة الحساب .

وليبيان طريقة الحساب نحل الأمثلة الآتية

مثال : ١ - المطالب معرفة قطر الأنبوبة اللازمة لإعداد دورة مياه عمومية مكونة من ٨ مرحاضين و ١٢ مبوله و ٤ أحواض لغسيل الأيدي .

الحل : من الجدول رقم ١١ - ٣ نجد أن :

٨ مرحاض يحتاج إلى أنبوبة قطر $1\frac{1}{4}$ "

١٢ مبوله تحتاج إلى أنبوبة قطر $1\frac{1}{2}$ "

٤ حوض غسيل يحتاج إلى أنبوبة قطرها $\frac{3}{4}$ "

ببني مصر. كما في ثلاثة نواحي القاهرة والساحل الشمالي التي يمكنها إمداد هذه الأجهزة.

| رقم | اسم المريض | العمر | الجنس | المرض | الوقت | الدرجة | النتيجة |
|-----|-----------------|-------|-------|-------|-------|--------|---------|
| 1 | عبدالله بن محمد | 30 | م | الحمى | 10 | 3 | 4 |
| 2 | عبدالله بن محمد | 30 | م | الحمى | 10 | 3 | 4 |
| 3 | عبدالله بن محمد | 30 | م | الحمى | 10 | 3 | 4 |
| 4 | عبدالله بن محمد | 30 | م | الحمى | 10 | 3 | 4 |
| 5 | عبدالله بن محمد | 30 | م | الحمى | 10 | 3 | 4 |
| 6 | عبدالله بن محمد | 30 | م | الحمى | 10 | 3 | 4 |
| 7 | عبدالله بن محمد | 30 | م | الحمى | 10 | 3 | 4 |
| 8 | عبدالله بن محمد | 30 | م | الحمى | 10 | 3 | 4 |
| 9 | عبدالله بن محمد | 30 | م | الحمى | 10 | 3 | 4 |
| 10 | عبدالله بن محمد | 30 | م | الحمى | 10 | 3 | 4 |

مذہب و قوم - ۱۱ - ۴

قطر المأجور (بومد)

 $\frac{1}{4}$ $\frac{1}{5}$

ولكن من الجدول رقم ١١ - ٤ نجد أن :

ماسورة قطر $1\frac{1}{4}$ " يعادل تصرفها ٧,٢ ماسورة قطر $\frac{1}{4}$ "

ماسورة قطر $\frac{3}{4}$ " يعادل تصرفها ٢ ماسورة قطر $\frac{1}{4}$ "

∴ تكون عدد المواسير قطر $\frac{1}{4}$ " اللازمة لإمداد الدورة هو :

$$٧,٢ : ٧,٢ + ٢ = ١٦,٤ \text{ ماسورة .}$$

وباليسى أنه من غير المعقول أن تستعمل مثل هذا العدد من المواسير قطر $\frac{1}{4}$ " ولكن تستعمل ماسورة أكبر يعادل تصرفها هذا العدد من مواسير $\frac{1}{4}$ " وباستعمال جدول ٢ نجد أن :

ماسورة قطر $1\frac{1}{4}$ " يعادل تصرفها عدد ١١ أنبوبة قطر $\frac{1}{4}$ "

ماسورة قطر ٢" يعادل تصرفها عدد ٢٠ أنبوبة قطر $\frac{1}{4}$ "

فنأخذ الأنبوبة الأكبر أى الأنبوبة قطر ٢"

مثال ٢ : المطارب : قطر الأنبوبة الصاعدة التى تلزم فيـهـا

متوسطة الحجم تحتوى على فرقتين للحمام بكل منها حوض حمام

ومرحاض وحوض غسيل أبـدى ومطبخ به حوض لغسيل الآنية .

الحـلـل : يلاحظ فى هذا المثال أن غرف الحمام تحتوى على أكثر من

قطعة من الأجهزة الصحية ولكن من البالىسى أن واحد منها فقط هو الذى

يستعمل كلما دخل شخص الحمام . أى يستبعد أن يستعمل جهازين صحيين

فى حمام واحد فى نفس الوقت . لذا تعتبر غرفة الحمام كأنها جهاز صحى

واحد . عند حساب أنظار المواسير الصاعدة — وعلى ذلك تكون الأدوات

الموجودة فى القيسلا هي :

عدد ٢ حوض حمام و ٢ مرحاض و ٢ حوض غسيل آلية ، و ٢ حوض غسيل أيدى .

ومن الجدول رقم ١١ - ٣ نجد أن :

عدد ٢ حوض حمام تحتاج إلى ماسورة قطر ١"

عدد ٢ مرحاض حمام تحتاج إلى ماسورة قطر ٢"

عدد ٢ حوض غسيل أيدى تحتاج إلى ماسورة قطر ١"

عدد ٢ حوض غسيل آلية تحتاج إلى ماسورة قطر ١"

وفي نفس الوقت نجد أن جدول ٢ :

تصرف أنبوبة قطر ١" يعادل ٣,٧ أنبوبة قطر ١"

تصرف أنبوبة قطر ٢" يعادل ٢ أنبوبة قطر ١"

فيكون مجموع الأدوات التي بالترتيب تحتاج إلى ماسورة تصرفها يساوي
تصرف عدد :

$$٣,٧ + ٢ + ١ + ٣,٧ = ١٠,٤ \text{ ماسورة قطر } ١"$$

وبالرجوع إلى جدول ١١ نجد أن ماسورة قطر ١" يعادل تصرفها

١١ ماسورة قطر ١"

مثال ٣ : عمارة سكنية مكونة من أربعة أدوار بكل دور شقتين
وتحتوي كل شقة على غرفة حمام و مرحاض منفصل وحوض لغسيل
الأيدى وحوض غسيل الآلية .

والمطلوب : حساب قطر الانبوبة الصاعدة للعمارة وقطر الفرع اللازم
لكل شقة على حدة

الحل : الأدوات الصحية التى بالعمارة هى كالآتى ، كما نجد من الجدول ١١ ٣ أنها تحتاج إلى المواسير المبيئة أمام كل منها :-

| | | |
|----------------------------|----------------------|--------|
| ٨ حوض حمام (يفرغ الحمام) | تحتاج إلى أنبوبة قطر | ١ 1/4" |
| ٨ مرحاض | | ١ 1/4" |
| ٨ حوض غسيل أبلى | | ١" |
| ٨ حوض غسل آنية | | ١ 1/4" |

ومن الجدول رقم ٢ نجد أن :-

تصرف أنبوبة قطر ١ 1/4" يعادل تصرف ١١ أنبوبة قطر ١ 1/4".
تصرف أنبوبة قطر ١ 1/4" يعادل تصرف ٧,٢ أنبوبة قطر ١ 1/4".
تصرف أنبوبة قطر ١" يعادل تصرف ٣,٧ أنبوبة قطر ١ 1/4".
فيكون مجموع الأدوات التى بالعمارة تحتاج لإمدادها بالماء إلى أنبوبة يعادل تصرفها تصرف عدد ١١ + ٧,٢ + ٣,٧ + ١١ = ١٢,٩ ماسورة قطر ١ 1/4".

وبناءً على الجدول رقم ١١ نجد أن ماسورة قطر ١ 1/4" هى الأنبوبة التى تعادل ١١ ماسورة قطر ١ 1/4" ولكن يمكن التغاضى عن هذا الفرض البسيط بسبب عدم احتمال استعمال جميع أدوات العمارة فى وقت واحد ، وكذلك بسبب أن هذه الطريقة للحساب فى هذه الحالة تغطى أنظار أكبر بقليل من اللازم كما ذكر قبلاً .

و لحساب الأفرع اللازمة للتحقق نجرى الحساب بنفس الطريقة السابقة : -
فى كل شقة يوجد : - حوض حمام يحتاج إلى ماسورة قطر ١ 1/4"

- مرحاض يحتاج إلى ماسورة قطر $\frac{1}{2}$ "
حوض غسيل أيدى يحتاج إلى ماسورة قطر $\frac{1}{2}$ "
حوض غسيل آنية يحتاج إلى ماسورة قطر $\frac{3}{4}$ "

وبالرجوع إلى جدول ١١ - ٤ نجد أن الماسورة قطر $\frac{3}{4}$ " تعادل ماسورتين قطر $\frac{1}{2}$ " .

... يكون الأربع مواسير المذكورة أعلاه تعادل ٦ ستة مواسير قطر $\frac{1}{2}$ " وبالرجوع إلى جدول ١١ - ٤ نجد أن ماسوره قطر $\frac{1}{2}$ " بوصة تعادل ٧,٢ ماسورة قطر $\frac{1}{2}$ " وبذلك يكون قطر الفرع المطلوب هو $\frac{1}{2}$ " .

أما أفرع التوصيل التي تغذى المباني بالمياه من أنابيب التوزيع في الشارع فيختلف أقطارها باختلاف طولها ومقدار ضغط الماء في أنابيب التوزيع ونوع المبنى الذي عمده بالماء .

والآن وقد وصلنا إلى نهاية المواسير التي توصل الماء إلى مختلف الأجهزة الصحية يجب علينا أن نلاحظ عند تركيب الصنابير على نهاية هذه المواسير أن تكون موضوعة موضعاً لا يسحج بالـ Back Siphonage .

وهذه الظاهرة تنتج إذا وضعت فوهة الصنابير تحت منسوب حافسة حوض غسيل . والقرار من هذا ينتج إذا سدت ماسورة تصرف الحوض واهتلاء الحوض نتيجة لذلك فإذا انخفض الضغط في ماسورة المياه الممطرة لهذا الحوض نتيجة لقفله المحبس العمومي للمنزل وفتح الصبور في الأدوار السفلى أو يحدث عندما يشتد السحب فحالة في الشارع نتيجة للحريق أو خلافة . عندئذ تشفط المياه الموجودة في الحوض المسدود داخل الصبور الخاص به وينتج عن هذا

تلوث للمياه الموجودة في المواسير في المنزل وربما مواسير التوزيع الموجودة في الشارع - ولذا يجب أن تكون فتحة الصنابير فوق حافة الحوض .

الصمامات والمحابس والخففيات .

ان كل شبكة مواسير خاصة بتوزيع الماء داخل المباني لابد وأن تحتوي عددا كبيرا من الصمامات والمحابس لتنظيم استعمال المياه وتنظيم تصرفها وضغطها إما يدويا أو أوتوماتيكيا - وتستعمل المحابس لاييقاف الماء عن المرور في أنابيب التوزيع عند اجراء أى اصلاح أو تغيير في الأجهزة الصحية أو الأنابيب دون حبس الماء عن البناء بأكمله وهى لذلك توضع في المواضع التالية :

أ - على أنبوبة التوزيع الخارجة من الخزان العلوى (كما سبق ذكره) .

ب - على جميع الأفرع الرئيسية المؤدية إلى مجموعة من الأجهزة الصحية أو إلى شقق مستقلة .

ج - عند كل جهاز صحى خاصة صناديق الطرد .

أما الخففيات أو الصنابير فهى توضع في نهاية مواسير التوزيع داخل المبنى وهى كثيرة الأنواع تصنع بأشكال انسيابية تناسب مع المكان المستعملة به .

وتصنع المحابس والخففيات من النحاس الأصفر وسبائك المدافع والبرونز وتصقل جيدا من الخارج بالنيكل أو الكروم كما قد تصنع من سبائك بغيره يدخل في تركيبها النيكل والفضة - ويجب أن تصنع المحابس والصنابير لتحمل ضغطا قدره ٢٥ كيلو جرام /سم^٢ :

أنابيب التوزيع في المبني وطرق قطعها ولحامها :

١ - مواسير الرصاص :- تقطع مواسير الرصاص بالمنشار - أما أكثر الطرق شيوعا لثني مواسير الرصاص فهي طريقة الرمل - وفيها تملأ الأنبوبة بعد تسخينها بالرمل الجاف ثم يسد طرفها جيدا بقطعتين أسطوانيتين من الخشب ولذا كد من جفاف الرمل يحسن تسخينه قبل وضعه في الأنبوبة ويجب أن تتم عملية الثني والأنبوبة ساخنة حتى لا تنفتح جدرانها . والفرض من ملء الأنابيب بالرمل هو حفظ استدارتها من الانحناء .

ويمت توصيل مواسير الرصاص بالأحجام بالقصدير أو اللحام بالراكورات (*Flanges*) .

الحام بالقصدير :- وهذه الطريقة هي أكثر الطرق قوة نظرا لتغليف الانبوتين عند موضع اتصالهما ولمسافة على الجانبين بغلاف سمك من معدن الأحجام فضلا عن حسن منظرها وتسمى هذه الوصلة (*Wiped joints*) - والمادة المستعملة في لحام أنابيب الرصاص هي الرصاص والقصدير بنسبة ٢ : ١ وإن كان بعد الصنّاع ينفذون زيادة .

وصلة الـ Union :- وهذه الطريقة أسهل من اللحام بالقصدير ولا تحتاج إلى مهارة في عملها - . وهي تستعمل كذلك في المواسير النحاس وهذه الوصلة متينة إلا أن تكاليفها كثيرة .

مواسير الحديد :

تعمل وصلات الأنابيب الحديد بواسطة قطع من نفس المعدن على أشكال مختلفة وهي مقلوبة من الدانغل ولعمل الوصلات تفلوظ أطراف

أقاييب من الخارج بواسطة أجهزة خاصة - ثم يدهن القلاووظ بالبوية العادية أو مركب خاص لهذه الوصلات يسمى Pipe joint compound وذلك لمنع تسرب المياه في الوصلة - ولزيادة في الاحتياط يلف الطرف المقلووظ بخيط رفيع من جيل الكتان الملىء ما بين القلاووظ - ويجب ابتداء لف الخيط من الداخل متجها إلى طرف الماسورة وبذلك يكون اللف في نفس الاتجاه الذى سطفه الماسورة داخل الوصلة أو الكوع - ويمكن بعد ذلك أن يدهن الخيط وهو في مكانه على القلاووظ بقليل من البوية حتى يبقى في مكانه - ثم بعد ذلك تلف الماسورة داخل الوصلة باليد ثم بزرادبة خاصة (Pipe Wrench) حتى تصبح الوصلة محكمة .

وتقطع المواسير الحديد إما بمنشار عادى (Hack Saw) أو سكين خاصة وتفضل السكين الخاصة على المنشار لامكان ضبط القطع بها عموديا على طول الأنبوبة وتختلف السكاكين القاطعة في عدد الأسلحة في كل منها ويلاحظ أنه ينتج عند القطع رايش في حافة الماسورة وهذا لا بد من إزالته عند استعمال الماسورة أو عمل قلاووظ في الطرف المقطوع .

الباب الثالث عشر

أعمال الصرف الصحي للمخلفات السائلة

مقدمة

أعمال الصرف الصحي هي الأعمال التي تهدف إلى التخلص من المخلفات السائلة ، في المدينة بطريقة صحية سليمة ، أما المخلفات السائلة Sewage فهي المياه المستعملة في مختلف الأغراض في المدينة بما تحويه - نتيجة استعمالها - من فضلات عالقة أو ذائبة .

ويعتبر الصرف الصحي للمخلفات السائلة من أهم العمليات اللازمة لضمان توفر البيئة الصالحة للأفراد والأسرة في كل من المجتمعات الريفية والحضرية ويجب أن يتم ذلك بطريقة هندسية مناسبة وفقاً للأسس الفنية العلمية المقررة والمنفقة مع مقومات الصحة العامة ومقتضيات الأمن والسلامة وكذلك الأسس الاقتصادية .

والصادر الرئيسية لهذه الطلقات السائلة في مدينة ماضي :-

١ - المخلفات السائلة المنزلية (House wastes) :

وهذه تشمل المياه المستعملة في الحمامات والمطابخ والغسيل - وهذه في مجموعها تشتمل على بقايا الصابون ، والنشا ، والسكر والأملاح والأنزفة والخضروات والأطعمة والمخلفات الآدمية .

٢ - مياه الأمطار (Rain or storm water) :

وهذه تجرّد طريقها إلى شبكة مواسر الصرف عن طريق البالوعات الشوارع حاملة معها بعض المواد العالقة مما قد تجده أمامها على الأسطح والشوارع والطرقات .

٣ - مياه غسيل الشوارع :

وهذه تصرف في البالوعات ومنها إلى شبكة الصرف حاملة معها بعض الرمال والورق مما تجده أمامها في الطرقات .

٤ - المخلفات الصناعية (Industrial wastes) :

وهذه تشمل المياه المتخلفة عن المصانع المختلفة في المدينة وهي تختلف في كمياتها وفي محتوياتها من مصنع لآخر ، فبينما نجد المياه المستعملة في التبريد تكاد تكون خالية من الشوائب نجد أن المخلفات الناتجة عن صناعة الورق مثلاً نحوى على تركيز عالى جداً للمواد العالقة والذائبة عضوية كانت أو غير عضوية .

٥ - مياه الرشح (Infiltration water) :

وهي المياه الجوفية التي قد تدخل إلى مواسير الصرف خلال الوصلات الغير متقنة أو خلال جسم الماسورة نفسها إذا كان مسامياً .

والاسباب التي تدعو للقيام بفعال الصرف الصحي بالرغم من تكاليفها العالية هي :

١ - المحافظة على الصحة العامة في المدينة ، إذ أن المخلفات السائلة إذا لم تجمع وبطريقة سليمة قد تؤدي إلى تلوث مصادر مياه المدينة مما ينتج عنه انتشار للأمراض مثل التيفويد والكوليرا ... وبقيّة الأمراض التي تنقلها المياه الملوثة .

٢ - العمل على راحة السكان والمحافظة على ممتلكاتهم ، إذ أن في تجميع مياه اعمارى بطريقة غير سليمة أو في القاء مسؤولية التخلص من هذه المخلفات على السكان ، إقلاق للراحة وازعاج للسكان واضرار بممتلكاتهم ومصلحتهم .

٣ - حماية المباني والمنشآت وإطالة عمرها الاعتيادي والمحافظة على سلامة الأساسات .

٤ - حاية مجارى المياه ومصادر المياه الجوفية من التلوث بالجراثيم والطفيليات .

وأعمال الصرف الصحي في المدينة يمكن تقسيمها الى ثلاثة اجزاء رئيسية:

١ - أعمال تجميع المخلفات السائلة (Collection works) :

والغرض منها تجميع المخلفات السائلة من المنازل والمصانع ومصادر
الأخرى وتركيزها في نقطة واحدة ومنهنا ترفع إلى أعمال المعالجة
(Treatment Works) أو التخلص منها مباشرة .

ونظراً لأن المخلفات السائلة في الحقيقة لا تحتوي على أكثر من واحد
في الأنف من المواد الصلبة الذائبة أو العالقة في الماء فإن تجميع هذه المخلفات
يتم بواسطة شبكة من المواسير تسير فيها الماء بما فيها من مواد بالانحدار
الطبيعي (gravity) تبعاً لقوانين الهيدروليكا المعروفة .

وتسير هذه الشبكة حيث تصب المواسير الصغرى في مواسير أكبر منها
وهكذا حتى تصب في النهاية بمجمعات رئيسية (collectors) التي تؤدي
إلى محطات الرفع التي ترفع المخلفات السائلة وتدفعها في مواسير ملتحمة تحت
ضغط حتى محطة المعالجة - وهذه المواسير الملتحمة التي تسير فيها المياه تحت
ضغط تعرف بالماسورة الصاعدة .

وبهذا يمكن تقسيم أعمال تجميع المخلفات السائلة الى :-

١ - شبكة المواسير بالانحدار الطبيعي (Gravity System) .

٢ - محطة الرفع (Pumping Station) .

٣ - الماسورة الصاعدة (Rising Main) .

٢ - أعمال معالجة المخلفات السائلة (Treatment works) :

والغرض منها معالجة هذه المخلفات للحد من الأضرار التي قد تنتج منها
للاصح العامة أو إقلاق السكان . وتوقف طرق المعالجة على مدى التنقية المراد
الوصول إليه وبالنسبة إلى طريقة التخلص من هذه المخلفات بعد معالجتها .

وتشمل أعمال المعالجة :-

(١) عمليات فصل الرواسب عن السوائل .

- ١ - المصافي (Screens) .
- ٢ - أحواض كشط الزيوت والمواد الدهنية (Skimming tanks)
- ٣ - حِجْز الرمال والمواد غير عضوية (Grit Removal tanks)
- ٤ - الترسيب الابتدائي (Primary Settling tanks)
- ٥ - الترسيب الكيماوى (Chemical Precipitation)

(ب) معالجة السوائل بعد فصل الجزء الأكبر من الرواسب عنها :

- ١ - المرشحات الرملية (Sand filters)
- ٢ - حقول البكتيريا (Contact beds)
- ٣ - مرشحات الزلط (Trickling filters)
- ٤ - أحواض الحمأة المنشطة (Activated Sludge tanks)
- ٥ - أحواض الترسيب النهائية (Final Settling tanks)
- ٦ - التطهير بالكلور (Disinfection or chlorination)

(ج) معالجة الرواسب بعد فصلها من السوائل :

- ١ - أحواض تخمير الرواسب (Sludge digestion tanks)
 - ٢ - تجفيف الرواسب على طبقات الرمل .
- (Dewatering on sand beds)
- ٣ - تجفيف الرواسب بمرشحات التفريغ .
- (Dewatering by vacuum filter)
- ٤ - تجفيف الرواسب بالتسخين (Dewatering by Heating)
 - ٥ - تجفيف الرواسب بمرشحات الضغط .
- (Dewatering by Pressuze filters)

ومحطات معالجة المخلفات السائلة عادة تحتوي على عدد محدود من العمليات المذكورة أعلاه لتؤدي الغرض المطلوب وهو الحد من أضرار هذه المخلفات إلى الدرجة التي تسمح بالتخلص منها دون أية متاعب .
إلا أنه يمكن تقسيم محطات معالجة المخلفات السائلة إلى أربعة أنواع رئيسية :

(أ) محطات معالجة ابتدائية (Primary Treatment Plants) :

وهذه تشمل : المصافي ، أحواض حجز الرمال ، أحواض كشط الزيوت (إذا لزم الأمر) ثم الترسيب الابتدائي. (شكل ١٣ - ١)
(ب) محطات معالجة بالترسيب الكيماوي :

Chemical Precipitation Plants

وهذه تشمل : المصافي ، أحواض حجز الرمال ، أحواض كشط الزيوت (إذا لزم الأمر) ثم الترسيب الكيماوي وهو يشمل المزج السريع والبطيء ثم الترويق . (شكل ١٣ - ٢)

(ج) محطات معالجة كاملة بالمرشحات الزلط (Trickling filter plants) :

هذه تشمل بالإضافة إلى خطوات المعالجة الابتدائية ، الخطوات الآتية :
مرشحات الزلط ثم أحواض الترسيب النهائي. (شكل ١٣ - ٣)
(د) محطات معالجة كاملة بطريقة الرواسب (الحماة) المنشطة :

Activated sludge plants

وهذه تشمل بالإضافة إلى خطوات المعالجة الابتدائية ، الخطوات الآتية :
أحواض الحماة المنشطة ثم أحواض الترسيب النهائي. (شكل ١٣ - ٤)
على أن في كل من المحطات المذكورة أعلاه لابد أن نحوى طريقة لمعالجة الرواسب وهذه تشمل أحواض تخمير الرواسب يعقبها تخفيف الرواسب بأحد الطرق المذكورة أعلاه أو التخفيف مباشرة بدون تخمير .

٣ - أعمال التخلص من المخلفات السائلة (Disposal of sewage) :

وهذه تشمل :

(١) التخلص من السوائل (Disposal of effluent) :

١ - استعمال السوائل لارى Disposal by irrigation

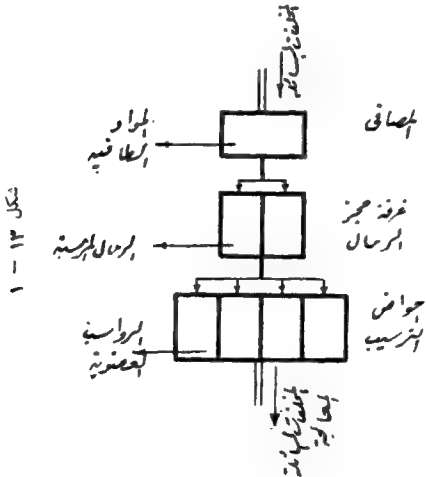
٢ - صب السوائل في المجرى المائية Disposal by dilution

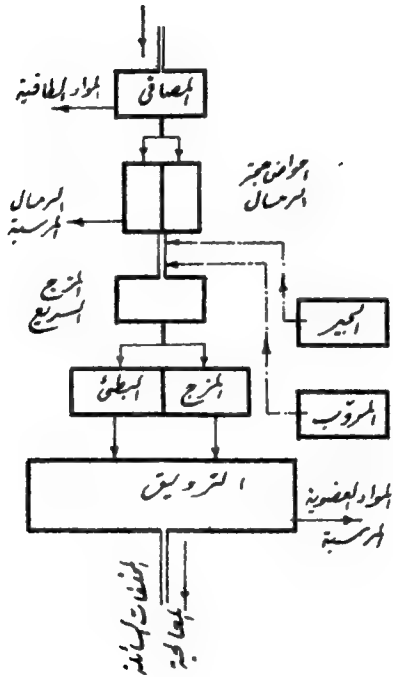
(ب) التخلص من الرواسب :

١ - إستعمالها كسماد Use as a fertilizer

٢ - الرمي في المجرى المائية Dumping in water

٣ - الحرق Incineration





الدراسات اللازمة لتصميم مشروعات الصرف

عند البدء في تصميم مشروع من مشروعات الصرف الصحي يتعين تقدير كمية المخلفات السائلة المنتظرة في المدينة بعد نحوها مستقبلا - وهذا يستوجب القيام بدراسات اعداد السكان ، معدل استهلاك المياه ، كمية مياه الرشح . كمية مياه الأمطار ، المصانع المختلفة في المدينة ، اتجاهات الرياح .

١ - عدد السكان الذي يخدمهم المشروع :

ولا تختلف الطرق المتبعة لتقدير أو التنبؤ بعدد السكان مستقبلا في مشروعات الصرف الصحي عن الطرق المتبعة في مشروعات إمداد المدن بالمياه .

٢ - دراسات معدل استهلاك المياه :

وهذه أيضا لا تختلف كثيرا عن الدراسات التي سبق شرحها في صدد مشروعات إمداد المدن بالمياه - إذ أنه من البديهي أن المصدر الرئيسي للمخلفات السائلة في المدينة هو أعمال إمداد المياه في المدينة - إلا أنه من المنتظر أن تقل كمية المياه التي تصل إلى شبكات الصرف عن كمية المياه التي خرجت أصلا من محطات تنقية المياه نتيجة فقد بعض هذه المياه ما بين محطة المياه ومحطة الصرف الصحي - هذا الفاقد نتيجة العوامل الآتية :

١ - تسرب بعض الماء من الموصلات الغير محكمة في شبكات المياه وكذلك من الصمامات المركبة على هذه الشبكات .

٢ - الاستعمالات المختلفة للمياه في المنازل والمصانع التي يتبع عنها عدم وصول بعض المياه المستعملة إلى شبكات الصرف .

٣ - المياه التي تستعمل في الأغراض العامة مثل غسيل الشوارع ومقاومة الحرائق . إذ أن بعضا من هذه المياه لا يصل إلى شبكات الصرف .

٤ - عدم اتصال بعض مساكن المدينة بشبكات الصرف الصحي خاصة في الأماكن المتطرفة في المدينة .

كل هذه الأسباب تؤدي إلى نقص كمية المياه التي تصل إلى شبكات الصرف عن طريق إستعمال المياه في المدينة بحوالى ٣٠ ٪ من كمية المياه التي خرجت أصلاً من محطة تنقية المياه .

كما يجب ملاحظة أن كمية المخلفات السائلة في مدينة ما تتغير تبعاً لتغير معدل استهلاك المياه - فهي لذلك تتغير تغيراً موسمياً ، وتغيراً يومياً وتغيراً من ساعة إلى أخرى في نفس اليوم .

٣ - كمية مياه الرشع Quantity of Infiltration water

وهذه كما سبق ذكره هي المياه الجوفية التي تدخل شبكة مواسير الصرف وتتوقف كميته على العوامل الآتية :

١ - الطول الكلى لشبكة الصرف - فكلما زاد الطول زادت كمية مياه الرشع .

٢ - أقطار مواسير شبكة الصرف - فكلما زاد انقطر زادت كميات الرشع .

٣ - نوع المادة التي تصنع منها المواسير ودرجة نفاذية الماء في جدرانها - فالمواسير الحديد الزهر يعدم دخول مياه الرشع فيها بينما تدخل ميساء الرشع في مواسير الفخار أو الخرسانة بمعدلات عالية نسبياً .

٤ - مسامية التربة ودرجة نفاذية الماء فيها فزبد كمية مياه الرشع بزيادة مسامية التربة ودرجة نفاذيتها للمياه .

٥ - موضع المواسير بالنسبة لمنسوب المياه الجوفية فكلما انخفضت المواسير تحت منسوب المياه الجوفية زادت كمية مياه الرشع التي تدخل الماسورة .

٤ - كمية مياه الأمطار (Quantity of Storm or Rain water)

للحصول على تقدير ساهم لكمية الأمطار التي تصل إلى شبكات الصرف الصحي للمدينة يلزم دراسة وافية للنقاط الآتية :

(أ) معدل سقوط الأمطار (Intensity of rain) .

(ب) الزمن الذى تستمره العواصف الممطرة (Duration of rain)

(ج) معامل الفائض (Run - off coefficient) .

(د) احتمالات تكرار سقوط الأمطار (Frequency of storms) .

١ - معدل سقوط الأمطار

يقاس معدل سقوط الأمطار بأجهزة بسيطة أو أوتوماتيكية يتم فيها تجميع مياه الأمطار التي تسقط على سطح معين بالجهاز معدل استقبال الأمطار وبمعرفة مساحة هذا السطح والزمن الذي تساقطت فيه الأمطار يمكن تقدير كثافة أو معدل سقوط الأمطار بال بوصة أو بالسنتيمتر في وحدة الزمن (ساعة أو يوم) .

$$R = \frac{Q}{AT}$$

حيث : R = معدل سقوط الأمطار (سم/ساعة)

Q = كمية الأمطار المجمعة في الجهاز (سم^٣)

T = زمن تساقط الأمطار (ساعة)

A = المساحة التي استقبلت الأمطار (سم^٢)

هذا في الأجهزة البسيطة - أما في الأجهزة الأوتوماتيكية فيتم فيها رصد الأمطار المتساقطة على أوراق بيانية مثبتة على اسطوانة تدور دورة كاملة كل أربعة وعشرين ساعة - وبذلك يمكن قراءة كثافة أو معدل سقوط الأمطار في أى وقت في اليوم مباشرة .

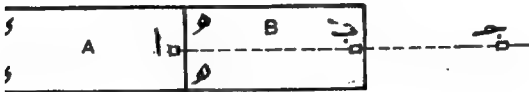
ب - الزمن الذي تستمره العاصفة

عندما يبذل المطر في التساقط على مساحة ما تأخذ المياه المتجمعة على السطح في أخذ طريقها لتصل إلى مدخل مياه الأمطار في شوارع المدينة فإذا فرض مثلاً أن الزمن اللازم لتصل المياه من أبعد نقطة إلى مدخل مياه الأمطار في الشارع هو عشرون دقيقة . وكانت فترة تساقط الأمطار عشرة دقائق فقط . فإن المياه التي تدخل في بالوعة الأمطار تأخذ في الترايد لمدة عشرة دقائق فقط ثم تأخذ بعد ذلك في التناقص ، إذ أن الأمطار

قد توقفت وبذلك فإن الفائض منها في المساحة القريبة من البالوعة الأمطار قد انعدم بالرغم من استمرار جريان فائض الأمطار من المساحة البعيدة إلى البالوعة .

وبذلك يمكن القول أنه حتى نحصل على أكبر فائض للأمطار يصل إلى البالوعة يجب أن يستمر المطر مدة طويلة بحيث يضمن وصول فائض من الأمطار من جميع المساحة المستقبلة للمطر إلى البالوعة في نفس الوقت - وهو ما يسمى بالوقت اللازم لتركيز الأمطار (Time of concentration) وهو الزمن اللازم لوصول مياه المطر من أبعد مكان في المساحة المخدومة إلى البالوعة التي تخدم هذه المساحة . ويتراوح هذا الزمن في أول خط الصرف من خمسة إلى عشرين دقيقة ثم يأخذ في الزيادة كلما طال خط الصرف .

وبالرجوع إلى شكل (١٣ - ٥) فإنه بالنسبة إلى خط الصرف أ ب الذي يخدم المساحة A عن طريق البالوعة أ، فإن زمن التركيز يساوى الزمن اللازم لوصول فائض مياه الأمطار من النقطة د حتى البالوعة أ. أما بالنسبة لخط الصرف ب ج الذي يخدم كل من المساحة A ، B فإن زمن التركيز يساوى زمن التركيز للبالوعة أ، مضافاً إليها الزمن اللازم لسير مياه الأمطار من الماسورة من البالوعة أ إلى البالوعة ب. إذ أنه في هذه الحالة نضمن أن فائض مياه الأمطار مستمر الوصول من النقطتين د في نفس الوقت الذي يصل فائض مياه الأمطار من النقطتين هـ .



شكل ١٣ - ٥

ج - معامل الفائض

أى النسبة بين كمية مياه الأمطار التى تدخل فى مواسير الصرف الصحى - و كمية مياه الأمطار التى سقطت فعلا - وهذا المعامل يتوقف على درجة تشرب سطح الأرض للمياه وهى بالنائى تتوقف نوع التربة وعلى جودة رصف الطرق فى المدينة - والجدول رقم ١٣ - ١ يبين قيمة هذه المعامل - ومع كل فان هذا المعامل يتغير لنفس التربة مع استمرار تساقط الأمطار فى عاصفة واحدة طويلة ، إذ يأخذ فى الازدياد نظراً لتشبع الأرض فى الفترة الأولى من العاصفة وعدم استيعادها لتشرب المزيد من مياه الأمطار بنفس سرعة تشربها لها فى بدء المطر .

جدول (١٣ - ١)

| معامل فائض مياه المطر على سطح الأرض | |
|--------------------------------------|-----------|
| نوع التربة | المعامل |
| الأسطح والشوارع المرصوفة جيداً | ٨٥٪ - ٩٠٪ |
| الشوارع المرصوفة بالأحجار والمونة | ٧٥٪ - ٨٥٪ |
| الشوارع المرصوفة بالأحجار بدون مونة | ٥٠٪ - ٧٥٪ |
| التربة العادية والشوارع الغير مرصوفة | ١٠٪ - ٢٠٪ |

كما تعطى المعادلة التالية كمية المياه التى تصل إلى شبكة الصرف نتيجة لسقوط الأمطار على المساحة المغدومة :

$$Q = A I C R$$

حيث : Q = كمية المياه التى تصل إلى شبكة الصرف .

A = مساحة المنطقة التى تخدمها شبكة الصرف .

I = معامل فائض مياه الأمطار .

R = كثافة الأمطار بالبوصة أو السنتيمتر / وحدة الزمن .

C = معامل يتوقف على الوحدات المتبعة فى قياس

فاذا كانت A مغدرة بالفدان (الفدان = ٤٣٥٦٠ قدم^٢) وكانت R

مقدرة بالبوصة في الساعة و Q مقدرة بالقدم مكعب في الثانية كانت قيمة C تساوى واحد تقريباً وبذلك تصبح المعادلة السابقة :

$$Q = A I R$$

حيث تقدر A : R ، Q بالموحدات المذكورة أعلاه .

أما إذا كانت A قدرة بالهكتار (الهكتار = ١٠٠٠٠ متر مربع) وكانت R مقدرة بالسنتيمتر في الساعة و Q مقدرة بالمتر مكعب /الساعة فإن قيمة C تساوى ١٠٠ - وبذلك تصبح المعادلة السابقة :

$$Q = 100 A I R$$

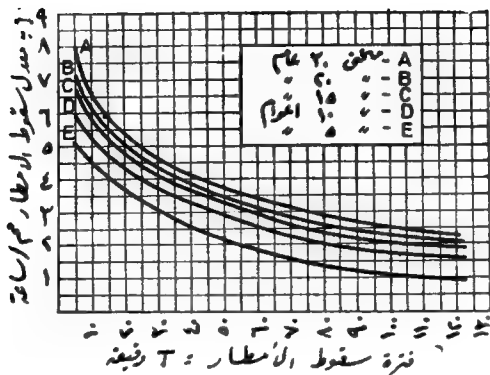
حيث تقدر R . A . Q بالموحدات المذكورة أعلاه .

د - احتمالات تكرار سقوط الأمطار

من المعلوم ان معدل تساقط الأمطار أى درجة تركيزها تتغير من عاصفة إلى أخرى وكذلك الزمن الذى تستمره العاصفة وكذلك عدد مرات تكرار العاصفة على مر الزمن - كما تتحكم العوامل الاقتصادية في اختيار امطار ذات معدل معين وفترة استمرار معينة لتتصمم شبكات الصرف - والوصول إلى أحسن النتائج في هذا الصدد توقع النقاط التى توضح العلاقة بين كثافة الأمطار وفترة استمراره في السنين السابقة (ثلاثين سنة مثلاً) والمنحنى الذى يصل بين أعلى نقط أى المخلف لجميع هذه النقاط يبين أكبر تركيز لعاصفة محتمل حدوثها مرة كل ثلاثين سنة - أى يبين العلاقة بين تركيز أو معدل سقوط المطر وفترة استمراره . كما أن المنحنى الذى يربط ما بين النقط التى تى المنحنى أعلاه - إلى أسفل - يبين أكبر عاصفة محتمل حدوثها مرتين كل ثلاثين سنة أى مرة كل خمسة عشر سنة ؛ وهكذا حتى نحصل على منحنيات للعواصف المحتملة حدوثها مرة كل عشر سنوات أو خمسة سنوات (شكل ١٣ - ٦) .

هذه المنحنيات يمكن كتابة معادلتها على هيئة

$$R = \frac{A}{t + B} \quad (١) \quad \dots\dots$$



شكل ١٣ - ٦

حيث : t = الزمن المطلوب لتحديد كثافة الأمطار عنده

R = كثافة الأمطار لعاصفة ما بعد فترة t دقيقة من بدئها .

$A \cdot B$ = اعداد ثابتة .

والاحصول على قيمة A و B لكل منحنى نكتب المعادلة السابقة

على هيئة :

$$(٢) \quad \frac{1}{R} = t \frac{1}{A} + \frac{B}{A} \quad \text{أو} \quad \frac{1}{R} = \frac{t+B}{A}$$

وبتوقع قيمة $\frac{1}{R}$. قيمة t المناظرة لها نحصل على خط مستقيم .

الخط المستقيم هذا . مع المحور الأفقى يعطى قيمة $\frac{1}{A}$. كما أن تقاطع

المستقيم مع المحور الرأسى يعطى قيمة $\frac{B}{A}$. إذ أن هذه المعادلة

هيئة $y = mx + n$ حيث m هي ميل الخط المستقيم و n هي الأحداني الرأسى لتقاطع المستقيم مع المحور الرأسى :

مثال :

لنحى العاصفة المتكررة مرة كل ثلاثين عاماً (شكل ١٣-٦) أوجد المعادلة المناسبة له . وكذلك أوجد قيمة فائض مياه الأمطار على مساحة قدرها عشرون هكتارا إذا كان معامل الفائض ٤٠٪ وزمن التركيز للعاصفة هو خمسة عشر دقيقة .

الحل : يتوقع قيمة $\frac{1}{R}$. للنقط المختلفة للمنحنى نحصل على الشكل (١٣-٧) ومنه يتضح أن :

$$\begin{aligned} 360 &= A \cdot \cdot \cdot & 0,00277 &= \frac{1}{A} \\ 40 &= B \cdot \cdot \cdot & 0,125 &= \frac{B}{A} \end{aligned}$$

وبذلك نصير معادلة المنحنى كالآتى :

$$R = \frac{360}{t + 45}$$

وبالتعويض بقيمة $t = 10$ دقيقة

$$10 \text{ سم/الساعة} = R = \frac{360}{10 + 45}$$

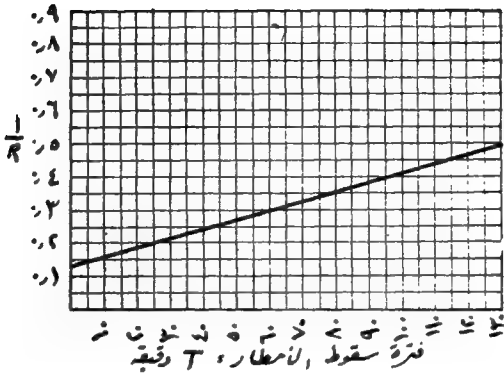
وبالتعويض في المعادلة :

$$Q = 100 A I R$$

$$10 \times 0,4 \times 20 \times 100 = Q \cdot \cdot \cdot$$

$$= 8000 \text{ متر مكعب/الساعة}$$

$$= 2,2 \text{ متر مكعب/الثانية}$$



شكل رقم ١٣ - ٧

تصرفات الطقس الجاف والطقس الممطر Dry & wet weather flows

يطلق لفظ التصرف الجاف على كمية المخلفات السائلة التي تجري في المواسير بدون مياه الأمطار - وهو كما سبق ذكره متغير وله حدان :

الحد الأقصى للتصرف الجاف (Maximum Dry weather flow) :

ويتراوح بين مرة ونصف . ضعف متوسط التصرف اليومي .

الحد الأدنى للتصرف الجاف (Minimum Dry weather flow) :

ويقدر بحوالي نصف متوسط التصرف اليومي .

ويطلق لفظ التصرف الممطر على كمية المخلفات السائلة التي تجري في

المواسير مضافا إليها مياه الأمطار وله كذلك حدان :

الحد الأقصى للتصرف المطر (Maximum wet weather flow) :

ويساوى الحد الأقصى لتصرف الطقس الجاف مضافاً إليه تصرف مياه الأمطار .

الحد الأدنى للتصرف المطر (Minimum wet weather flow) :

ويساوى الحد الأدنى لتصرف الطقس الجاف مضافاً إليه تصرف مياه الأمطار .

علماً بأنه يجب في جميع الأحوال إضافة كمية مياه الرش إلى كل من هذه التصرفات عند حساب قطاعات المواسير .

٥ - دراسة المصانع المختلفة في المدينة

وذلك لتقدير كمية المخلفات السائلة التي تخرج منها يومياً ومعرفة إذا كان بعض المصانع له مصادر خاصة للمياه مما يزيد من تصرف مخلفاتها السائلة عن المياه التي تصلها من محطة المياه العامة .

٦ - دراسة اتجاهات هبوب الرياح

وذلك لمعرفة اتجاه الرياح السائدة أغلب أوقات العام . وذلك لتحديد الأماكن المناسبة لعمليات المعالجة - ولقد وجد في جمهورية مصر العربية أن الرياح السائدة هي رياح من الشمال أو من الشمال الغربي أو الغرب . ولذلك ينصح دائماً أن تبنى عمليات التنقية (تحت الرياح) بالنسبة للمدينة . أى في الجنوب أو الجنوب الترقى أو الشرق .

الباب الرابع عشر

شبكات مواسير الصرف الصحي

'Sewerage System'

(Sewage & Wastes Collection Works)

وهذه كما سبق ذكره عبارة عن شبكة من المواسير تسير فيها المخلفات بالانحدار الطبيعي (gravity) فتصب المواسير الصغرى في المواسير الكبرى وهكذا حتى تصب في النهاية في المجمعات الرئيسية التي تؤدي بدورها إلى محطات الرفع .

وهناك نوعان لشبكات الصرف هذه :-

(أ) شبكة الصرف المشتركة (Combined System) : وهي التي ينشأ فيها شبكة صرف موحدة لاستقبال كل المخلفات السائلة بجميع أنواعها سواء كانت مخلفات منزلية أم صناعية أم مياه أمطار (شكل ١٤ - ١) .

(ب) شبكة الصرف المنفصلة (Separate System) وهي التي تنشأ فيها شبكة صرف لاستقبال المخلفات السائلة المنزلية والمخلفات الصناعية - وتنشأ في نفس الوقت شبكة أخرى لاستقبال مياه الأمطار (شكل ١٤ - ٢) .

الاحوال التي تستعمل فيها شبكات الصرف المشتركة :

١ - في الشوارع والطرق المزودة بالخدمات العامة الأخرى كمواسير المياه وكبلات الكهرباء والتليفونات وغاز الاستصباح ... مما يصعب معه وضع ماسورتين صرف كل منهما لغرض خاص ولذا تستعمل في هذه الحالة ماسورة واحدة لصرف المخلفات السائلة بمختلف أنواعها .



شكل رقم ١٤ - ١

٢ - إذا كان سقوط الأمطار نادراً ونحشى أن تبقى شبكة صرف مياه الأمطار خالية دون استعمال معظم أيام العام .

٣ - إذا كان هطول الأمطار بكثرة وغزارة مما يجعل كمية المخلفات السائلة المنزلية والصناعية بسيطة بالنسبة لمياه الأمطار - مما يشجع على إدماجها جميعاً مع بعضها طالما أن كمية المخلفات المنزلية والصناعية صغيرة ولا تؤثر في حجم وتكاليف إنشاء شبكة مواسير صرف مياه الأمطار .

٤ - إذا ظهر أن كل من المخلفات المنزلية والصناعية وكذلك مياه الأمطار لابد من رفعها بالطامبات إلى نفس المكان ، ففي هذه الحالة لا يوجد داعى لفصل نوعى المخلفات عن بعضهما .

٥ - إذا كانت الأرض مسطحة مما يضطرنا لوضع المواسير بانحدار بسيط منعاً للوصول بالمواسير إلى أعماق كبيرة ، الأمر الذى قد يسبب جريان الماء في المواسير بسرعة بسيطة - مما ينتج عنها ترسيب للمواد العالقة في قاع الماسورة وتفادياً لهذه الحالة تدبج طريقة الصرف المشتركة مما يزيد التصريف المار في الماسورة وبالتبعية يزيد من سرعة جريان الماء بالرغم من وضعها بانحدار بسيط .

٦ - إذا كانت درجة الحرارة مرتفعة ونحشى تحلل المخلفات السائلة أثناء سيرها مدة طويلة في شبكة المواسير . وتفادياً لهذه الحالة تدبج طريقة الصرف المشتركة مما يزيد التصريف المار في الماسورة وبالتبعية يزيد من سرعة جريان الماء مما يمنع تحللها في الماسورة قبل وصولها إلى محطة الرفع .

الأحوال التى يفضل فيها شبكات الصرف المنفصلة :

١ - إذا ظهر أن مياه الأمطار يمكن صرفها بالانحدار الطبيعى (بدون رفع) في مصرف أو مجرى مائى أو نهر أو بحيرة مجاورة للمدينة فيمكن في هذه الحالة إنشاء شبكة صرف منفصلة .

٢ - إذا كانت تكاليف علاج المخلفات السائلة مرتفعة : ففى هذه الحالة يحسن فصل مياه الأمطار عن المخلفات الأخرى مع التخلص منها بدون معالجة وذلك إقتصاداً فى تكاليف المعالجة .

٣ - عند تواجد شبكة صرف لمياه الأمطار قبل انشاء مشروع صرف المخلفات السائلة فعندئذ يحسن الابقاء على هذه الشبكة لتقوم بالخدمة التى انشأت لها فعلاً - مع انشاء شبكة جديدة تكفى لحمل المخلفات السائلة الأخرى فقط .

تقسيم المدينة إلى مناطق صرف :

ونظراً لأن مواسير شبكة الصرف توضع بميل يسمح بجريان الماء فيها بالانحدار الطبيعى فمن البديهي أنه فى البلاد المسطحة نسبياً يزيد عنق الماسورة كلما زاد طولها . الأمر الذى يزيد التكاليف الانشائية وعمل خطراً على المنشآت المجاورة للحدائق الذى توضع فيه الماسورة . لذلك يتحتم تقسيم المدينة إلى مناطق متعددة على أن تودى شبكة الصرف فى كل منطقة إلى محطة رفع خاصة بالمنطقة - هذه المحطة ترفع المخلفات السائلة إلى المجمع الرئيسى الذى يصل إلى محطة انطامبات الرئيسية وهذا ما يسمى (Sectional system) أى الصرف مع التقسيم إلى مناطق .

تصميم قطاعات المواسير

بعد تقدير كمية المخلفات التى تمر فى كل فرع من فروع شبكة الصرف الصحى وكذلك تقدير التغيرات فى هذه الكمية من وقت لآخر . يمكن تصميم المواسير وذلك مع مراعاة الشروط الآتية :

١ - تصميم مواسير الصرف بحيث لا تكون ممتلئة القطاع بل بحيث يكون ارتفاع الماء فيها كالاتي :

حوالى ثلث القطر عند مرور أدنى تصرف جاف .

حوالى نصف القطر عند مرور أقصى تصرف جاف .

حوالى ثلاثة أرباع القطر عند مرور أقصى تصرف ممطر للمواسير الكبيرة التي يزيد قطرها عن سبعين سنتيمتراً .

القطر الكامل تقريباً عند مرور أقصى تصرف ممطر للمواسير التي يقل قطرها عن سبعين سنتيمتراً .

٢ - يجب أن تكون السرعة في مواسير الصرف كافية لمنع رسوب المواد العالقة في قاع الماسورة . وهي ما تسمى (Self - Cleansing Velocity) وقد وجد أن هذه السرعة يجب ألا تقل عن ٦٠ سنتيمتراً في الثانية ، عندما يكون التصرف في الماسورة مساوياً للتصرف المتوسط في اليوم بينما في حالة أقصى تصرف جاف يجب ألا تقل السرعة عن ٧٥ سنتيمتراً في الثانية .

أما في حالة أدنى تصرف فيسمح بهبوط السرعة حتى ٤٥ أو ٥٠ سنتيمتر في الثانية . وذلك لأن المياه عندئذ تكون خالية نسبياً في المواد العالقة نظراً لأن هذا التصرف يحدث عادة في ساعات الليل حيث يكون مصدر أغلب المياه في الماسورة هو مياه الرش .

وبذلك نضمن عدم حدوث أى ترسيب في جميع الحالات .

والجدول رقم (١٤ - ١) يبين مساحة القطاع المئى ونصف القطر الهيدروليكي والسرعة والتصرف عند مرور الماء في قطاع دائري على أعماق مختلفة .

جول رقم (١٤ - ١)

| عمق الماء | المساحة | نصف القطر الهيدروايكي | السرعة | التصرف |
|-----------|---------|--------------------------|--------|---------|
| ١ ق | ٠.١٥٣ ق | ٠.١٤٦ ق | ٠.٧٠ س | ٠.١٣٧ ص |
| ١ ق | ٠.٢٢٦ ق | ٠.١٨٤ ق | ٠.٨٢ س | ٠.٢٣٥ ص |
| ٢ ق | ٠.٣٩٢ ق | ٠.٢٥٠ ق | س | ٠.٥٠ ص |
| ٢ ق | ٠.٥٦٠ ق | ٠.٢٩١ ق | ١.١١ س | ٠.٧٩ ص |
| ٢ ق | ٠.٦٣٢ ق | ٠.٣٤١ ق | ١.٣٤ س | ٠.٩١٢ ص |
| ق | ٠.٧٨٤ ق | ٠.٢٥٠ ق | س | ص |

حيث : ق = قطر الماسورة

س = سرعة الماء عند إمتلاء الماسورة

ص = التصرف عند إمتلاء الماسورة

٣ - يجب ألا تزيد سرعة المياه عن السرعة المثلى (Destructive velocity) وقيمتها تتوقف على مادة تصنيع الماسورة ويفضل عادة ألا تتجاوز السرعة في الماسورة عن متر ونصف في الثانية .

٤ - أقل قطر ممكن للماسورة الصرف هو ٦" (ويفضل أحياناً ٧" أو ٨") وذلك منعاً لاحتمال سددها بما قد تحمله من مواد صلبة كبيرة .

ويتم تصميم القطاع الماسورة أى تعيين القطر والميل باتباع الخطوات الآتية:

١ - تعيين التصريف الذى يمر فى الماسورة : أدنى تصريف Q_{min}
التصريف المتوسط Q_{ave} أقصى تصريف Q_{max}

٢ - بفرض أن أدنى تصريف Q_{min} يمر بحيث يكون ارتفاع الماء فى الماسورة يساوى ثلث القطر وبالرجوع إلى جدول رقم (١٤ - ١) ، نجد أن نسبة هذا التصريف إلى التصريف عندما يكون القطاع ممتلئ تساوى ٠.٢٣٥ : ١ . أى أن التصريف عند امتلاء القطاع = $٤.٢٥ \times$ أدنى تصريف .

٣ - بفرض سرعة المياه للقطاع الممتلئ (V_f) تساوى ٨٠ - ١٠٠ سنتيمتر/ثانية .

تكون مساحة القطاع $Q/V = A$.

ومن ثم يمكن إيجاد القطر - فإذا لم يتواجد هذا القطر فى الأسواق يختار القطر الأكبر منه مباشرة .

٤ - بمعرفة القطر (D) الذى وقع عليه الاختيار نجد السرعة عند امتلاء القطاع تساوى $\frac{4Q}{\pi D^2}$ ويمكن إيجاد الميل s الذى توضع عليه الماسورة وذلك بالتعويض فى أحد المعادلات الآتية حيث $R = D/4$

| | | |
|-----------------|-----------------------------------|---|
| (Chezy) | $V = C \sqrt{RS}$ | ١ |
| (Manning) | $V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$ | ب |
| (Santo Crmp) | $V = 83 R^{2/3} S^{1/2}$ | ج |
| (William-Hazen) | $V = 1.318 C R^{0.63} S^{0.54}$ | د |

حيث V = السرعة بالمتر/ثانية

R = نصف القطر الهيدروليكي بالمتر .

= $\frac{\text{مساحة قطاع الماسورة الممتلئ بالماء}}{\text{طول محيط الماسورة المبلول بالماء}}$

S = ميل الماسورة - ويساوي كذلك معدل الفاقد في الاحتكاك

C = معامل ثابت يتوقف على نوع الماسورة ويعطى كاتر (Kutter)
قيمة لهذا الثابت بالمعادلة الآتية :

$$C = \frac{1}{23 + \frac{1}{n} + \frac{0.0055}{S}}$$

$$1 + 23 + \frac{0.0055}{S} \sqrt{\frac{n}{R}}$$

حيث n = ثابت يتوقف على مادة تصنع الماسورة

= ٠,٠٠٨ - ٠,٠١٠ للمخشب الممسوح جيداً .

= ٠,٠١٠ - ٠,٠١٢ للمواسير المبطنة بالأسمنت .

= ٠,٠١٢ - ٠,٠١٤ للمخشب الغير ممسوح

= ٠,٠١٠ - ٠,٠١٣ للمواسير الخرسانية

= ٠,٠١٢ - ٠,٠١٥ للمواسير الفخار المزجج

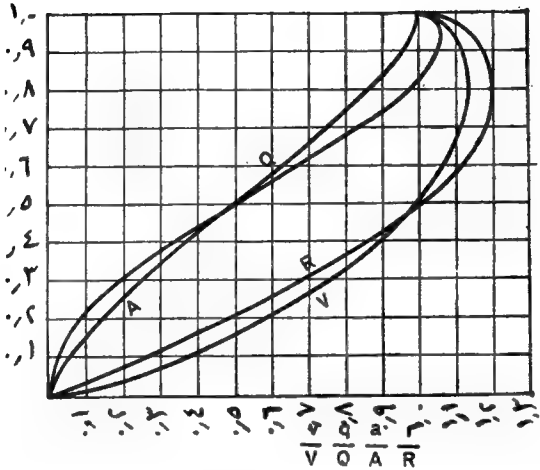
= ٠,٠١٥ - ٠,٠١٧ للمواسير المبنية بالطوب أو الدبش

٥ - يستعمل الجدول رقم (١٤ - ٢) والمنحنى في الشكل (١٤ - ٢) لحساب السرعة عند التصريفات المختلفة التي تتواجد في الماسورة ويبين كل منهم المساحة النسبية والسرعة النسبية والتصرف النسبي للمواسير المستديرة عند وجود الماء على أعماق مختلفة في ماسورة الصرف .

أى يبين العلاقة بين $\frac{v}{V}$. وكذلك العلاقة بين $\frac{d}{D}$ ، $\frac{q}{Q}$ ،

حيث : a = المساحة عند مرور الماء بعمق قدره a

A = المساحة الكلية للماسورة



شكل رقم ١٤-٢

v = السرعة عند مرور الماء بعمق قدره

d = عمق الماء .

v = السرعة عند امتلاء القطاع .

D = قطر القطاع .

q = التصريف عند مرور الماء لعمق قدره d

Q = التصريف عند امتلاء القطاع .

α = نصف القطر الهيدروليكي عند مرور الماء بعمق قدره .

R = نصف القطر الهيدروليكي عند امتلاء القطاع .

جدول رقم (١٤ - ٢)

جدول يعطى السرعة النسبية والتصرف النسبي للمواسير المستديرة

| عمق الماء قطر الماسورة | المساحة النسبية | نصف القطر الايديوليكي | السرعة النسبية | التصرف النسبي |
|---------------------------|--------------------|--------------------------|-------------------|------------------|
| d/D | a/A | r/R | v/V | q/Q |
| ٠.٠١ | ٠.٠٠١٧ | ٠.٠٢٦٥ | ٠.٠٨٩٠ | ٠.٠٠٠٥ |
| ٠.٠٢ | ٠.٠٠٤٨ | ٠.٠٥٢٨ | ٠.١٤٠٨ | ٠.٠٠٠٧ |
| ٠.٠٥ | ٠.٠١٨٧ | ٠.١٣٠٢ | ٠.٢٥٦٩ | ٠.٠٠٤٨ |
| ٠.١٠ | ٠.٠٥٢٠ | ٠.٢٥٤١ | ٠.٤٠١٢ | ٠.٠٢٠٩ |
| ٠.١٧ | ٠.١١٢٧ | ٠.٤١٦٧ | ٠.٥٥٧٨ | ٠.٠٦٢٩ |
| ٠.٢٠ | ٠.١٤٢٤ | ٠.٤٨٢٤ | ٠.٦١٥١ | ٠.٠٨٧٦ |
| ٠.٣٠ | ٠.٢٥٢٣ | ٠.٦٨٣٨ | ٠.٧٧٦١ | ٠.١٩٥٨ |
| ٠.٣٣ | ٠.٢٨٧٨ | ٠.٧٣٧٨ | ٠.٧١٧٢ | ٠.٢٣٥٢ |
| ٠.٣٥ | ٠.٣١١٩ | ٠.٧٧٤٠ | ٠.٨٤٣٠ | ٠.٢٦٢٩ |
| ٠.٤٠ | ٠.٣٧٣٥ | ٠.٨٥٦٩ | ٠.٩٠٢٢ | ٠.٣٣٧٠ |
| ٠.٥٠ | ٠.٥٠٠٠ | ١.٠٠٠٠ | ٠.٠٠٠٠ | ٠.٥٠٠٠ |
| ٠.٦٠ | ٠.٦٢٦٥ | ١.٦١٠٦ | ١.٧٠٢٤ | ٠.٦٧١٨ |
| ٠.٦٧ | ٠.٧١٢٢ | ١.٦٦١٧ | ١.١٠٨٣ | ٠.٧٨٩٣ |
| ٠.٧٠ | ٠.٧٤٧٧ | ١.١٨٤٩ | ١.١١٩٨ | ٠.٤٣٧٢ |
| ٠.٨٠ | ٠.٨٥٧٦ | ١.٢١٦٨ | ١.١٣٩٧ | ٠.٩٧٧٥ |
| ٠.٨١ | ٠.٨١٧٧ | ١.٢١٧٢ | ١.١٤٠٠ | ٠.٩٨٩٢ |
| ٠.٨٥ | ٠.٩٠٥٩ | ١.٢١٣١ | ١.١٢٧٤ | ١.٠٣١٤ |
| ٠.٩٠ | ٠.٩٤٨٠ | ١.١٩٢١ | ١.١٢٤٣ | ١.٠٦٥٨ |
| ٠.٩٤ | ٠.٩٧٥٥ | ١.١٥٧٩ | ١.١٠٢٧ | ١.٠٧٥٧ |
| ٠.٩٥ | ٠.٩٨١٣ | ١.١٤٥٨ | ١.٠٩٥٠ | ١.٠٧٤٥ |
| ١.٠٠ | ١.٠٠٠٠ | ١.٠٠٠٠ | ١.٠٠٠٠ | ١.٠٠٠٠ |

جداول رقم ١٤ - ٣

أقل إنحدار توضع عليه مواسير الصرف الصحي

| مياه مجارى خام سرعة ٧٥ سم/ثانية | مياه منقاه | القطر بالبوصة | |
|---------------------------------|------------|--------------------------|--------------------------|
| | | ماسورة خزف أو أسمنتية | ماسورة خزف أو أسمنتية |
| ١١٠ : ١ | ٩٠ : ١ | ١٨٥ : ١ | ٥ |
| ١٥٠ : ١ | ١٢٢ : ١ | ٢٤٠ : ١ | ٦ |
| ١٩٠ : ١ | ١٥٥ : ١ | ٢٩٥ : ١ | ٧ |
| ٢٦٥ : ١ | ٢١٥ : ١ | ٤١٥ : ١ | ٩ |
| ٣٨٥ : ١ | ٣١٥ : ١ | ٦١٠ : ١ | ١٢ |
| ٥٢٠ : ١ | ٤٢٠ : ١ | ٨١٠ : ٢ | ١٥ |
| ٦٦٠ : ١ | ٥٣٥ : ١ | ١٠٥٠ : ١ | ١٨ |
| ٩٧٠ : ١ | ٨٠٠ : ١ | ١٥٠٠ : ١ | ٢٤ |
| ١١٠٠ : ١ | ٩٠٠ : ١ | ١٨٠٠ : ١ | ٢٧ |
| ١٣٠٠ : ١ | ١٠٦٠ : ١ | ٢٠٥٠ : ١ | ٣٠ |
| ١٥٠٠ : ١ | ١٢٣٠ : ١ | ٢٢٥٠ : ١ | ٣٣ |
| ١٦٥٠ : ١ | ١٣٤٠ : ١ | ٢٦٠٠ : ١ | ٣٦ |
| ١٨٥٠ : ١ | ١٥٠٠ : ١ | ٢٩٠٠ : ١ | ٣٩ |
| ٢٠٥٠ : ١ | ١٦٧٠ : ١ | ٣٢٠٠ : ١ | ٤٢ |
| ٢٢٥٠ : ١ | ١٨٣٠ : ١ | ٣٥٠٠ : ١ | ٤٥ |

كما يبين الجدول رقم (١٤ - ٣) أقل انحدار توضع عليه المواسير بحيث ينوفر شرط عدم هبوط السرعة عن الحدود المقررة .

وبعد تحديد قيمة التصريف عند امتلاء الماسورة بحوالى $4,25 \times$ أدنى تصرف . فإن تصميم ماسورة الصرف الصحى هو فى الواقع تطبيق القوانين السابقة على ماسورة دائرية ممتلئة ولكن ليست تحت ضغط - هذه القوانين تحتوي على خمسة متغيرات Q, V, D, n, S - إذا علم ثلاثة منها أمكن معرفة الاثنان الباقيان - إلا فى حالة معرفة Q, V, D فلا يمكن تحديده قيمة $S + n$.

مثال : أوجد المجاهيل فى الجدول الآتى :

| n | S | D سم | V متر/ثانية | Q م ^٣ /ثانية | |
|------|--------|---------|----------------|----------------------------|----|
| ٠,٠١ | - | - | ٢,٤ | ٢,٧ | أ |
| ٠,٠٢ | - | ١٢٠ | ٢,٤ | - | ب |
| ٠,٠١ | - | ١٢٠ | - | ٢,٨ | ج |
| - | ٠,٠١٢٣ | - | ٢,٤ | ٢,٨ | د |
| ٠,٠٢ | ٠,٠١٢٣ | ١٢٠ | - | - | هـ |
| - | ٠,٠١٢٣ | ١٢٠ | - | ٢,٨ | و |
| ٠,٠٢ | ٠,٠١٢٣ | - | - | ٢,٨ | ز |
| - | ٠,٠٠٢٦ | ١٢٠ | ٢,٤ | - | ح |
| ٠,٠١ | ٠,٠٠٢٦ | ١٢٠ | ٢,٤ | - | ط |

الحصل (أ) :-

$$\text{مساحة المقطع } A = \frac{2.7}{2.4} = 1.13 \text{ متر}^2$$

$$\therefore \text{ القطر } = 120 \text{ سم}$$

$$S^{1/2} R^{3/2} \frac{1}{n} = V \quad \text{السرعة}$$

$$\therefore S^{1/2} \times \frac{1}{2} \left(\frac{1.13}{1} \right) \times \frac{1}{0.013} = 2.4$$

$$\therefore S = 0.0026$$

الحصل (ب) :-

$$2.4 \times 3.14 \times \frac{1}{2} \left(\frac{1.13}{1} \right) = V \quad A = Q \text{ التصرف}$$

$$2.7 \text{ متر}^3 / \text{ثانية}$$

$$S^{1/2} R^{3/2} \frac{1}{n} = V$$

$$\therefore S^{1/2} \times \frac{1}{2} \left(\frac{2.4}{1} \right) \times \frac{1}{0.013} = 2.4$$

$$\therefore S = 0.00123$$

وهكذا يستمر الحل لباقي الحالات .

القطاعات الطولية للمواسير

وبعد اتمام تصميم مختلف مواسير الشبكة - أى تعيين القطر والميل يرسم قطاعات طولية لخطوط المواسير المختلفة مبيناً على هذه القطاعات البيانات الهامة الآتية شكل (١٤-٣) :

منسوب قاع الماسورة . قطر الماسورة . ميل الماسورة نوع الماسورة . أماكن تقاطع المواسير حيث توضع غرف التفريش (كما سترى فيما بعد) .

مثال : المطلوب إيجاد قطر وميل ماسورة الصرف الصحي إذا علم أن التصريف المتوسط (Q_{ave}) المنتظر وصوله إلى الماسورة هو ٨٦٥٠ متر مكعب/اليوم وإن أدنى تصريف يساوي نصف التصريف المتوسط وإن أقصى تصريف يساوي ضعف التصريف المتوسط .

الحل :

$$\text{التصريف المتوسط} = ٨٦٥٠ \text{ متر مكعب/يوم}$$

$$= ٠.١ \text{ متر مكعب/الثانية}$$

$$\therefore \text{أدنى تصريف} = ٠.٠٥ \text{ متر مكعب/ثانية}$$

$$\text{وأقصى تصريف} = ٠.٢ \text{ متر مكعب/ثانية}$$

بفرض أن الماسورة تحمل أدنى تصريف بعمق يساوي ثلث قطر الماسورة سبق أن وجدنا أن التصريف عند امتلاء القطاع $= ٤.٢٥ \times \text{أدنى تصريف}$.

$$\therefore Q = ٤.٢٥ \times ٠.٠٥$$

$$= ٠.٢١٢٥ \text{ متر مكعب/ثانية}$$

$$\text{وبفرض السرعة} = ٩٥ \text{ م/الثانية}$$

$$\therefore \text{مساحة القطاع} = ٢٢٤٠ \text{ م}^2$$

$$\therefore \text{القطر} = ٥٤ \text{ م}$$

ولما كان هذا القطر لا يتواجد في السوق نختار الأكبر منه مباشرة وهو ٦٠ م (٢٤ بوصة)

$$\therefore \text{مساحة القطاع} = \frac{3.14 \times (60)^2}{4} = ٢٨٢٦ \text{ م}^2$$

$$\therefore \text{السرعة عند امتلاء القطاع} = ٧٥ \text{ م/الثانية}$$

$$\text{وبفرض المعامل } n = ٠.١٥ \text{ في معادلة ماننج}$$

$$\therefore V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/3}$$

$$0.75 = \frac{1}{0.015} \left(\frac{0.6}{4} \right)^{2/3} S^{1/3}$$

$$\therefore S = 0.0015$$

أى أن قطر الماسورة هو ٦٠ سم وميلها ١.٥ : ١٠٠٠ وبالإشارة إلى الشكل (١٤ - ٢) نجد أن :

$$\frac{Q_{min}}{Q_{full}} = \frac{0.1}{0.212} = 0.47$$

ومن المنحنين $\frac{Q}{\sqrt{H}}$ في نفس الشكل نجد أنه عندما تكون $\frac{Q}{\sqrt{H}} = 0.47$ تكون $\frac{V}{\sqrt{H}} = 0.97$

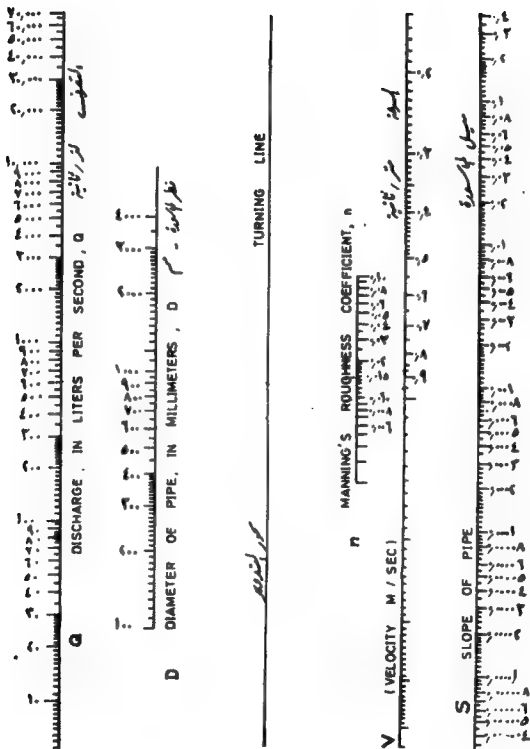
∴ السرعة عند أفتق الموسط = $0.97 \times 7.5 = 7.3$ م/س
وهي أكثر من ٦٠ م/س/الثانية .
كما أن عند أفتق تصريف :-

$$\frac{Q_{min}}{Q_{full}} = \frac{0.05}{0.212} = 0.235$$

ومن المنحنين $\frac{Q}{\sqrt{H}}$ في نفس الشكل نجد أنه عندما يكون $\frac{Q}{\sqrt{H}} = 0.235$ تكون $\frac{V}{\sqrt{H}} = 0.85$

∴ السرعة عند أفتق تصريف = $0.85 \times 7.5 = 6.3$ م/س/الثانية
وهي أكثر من ٥٠ م/س/الثانية .

هذه هي الطريقة الحسابية إلا أنه ليس بالسهل العمل بتكرار إيجاد الأقطار والميل للأنابيب التصريف المعنى مباشرة بعد إيجاد قيمة كل من التصريف الموسط وأفتق تصريف ، أفصى تصريف ، والتصريف عند امتلاء القطاع . ثم باستعمال المنحنيات الخاصة والموضحة للعلاقة بين المتغيرات في معادلة مانينج (شكل ١٤ - ٤) .



شکل رقم ۱۴ - ۴

مثال : المطلوب تصميم ماسورة الصرف الصحي في المثال السابق باستعمال النوموجرام المبين في (شكل ١٤ - ٤) .

$$\begin{aligned}\text{الحل : } & \text{التصرف المتوسط} = ٠,١ \text{ متر}^3/\text{ثانية} \\ & \text{أدنى تصرف} = ٠,٠٥ \text{ متر}^3/\text{ثانية} \\ & \text{التصرف للقطاع ممتلئ} = ٠,٢١٢٥ \text{ متر}^3/\text{ثانية} \\ & \text{نفترض السرعة عند امتلاء القطاع} = ٩٥ \text{ سم}^3/\text{ثانية}\end{aligned}$$

نصل ما بين النقطة المبينة للسرعة ٩٥ سم^٣/ثانية على محور السرعة والنقطة المبينة للتصرف ٢١٢,٥ لتر/ثانية على محور التصريف - الخط الواصل ما بين النقطتين سيقطع محور الأقطار عند نقطة تبين أن القطر المناسب هو ٥٢,٥ سم - ولما كان هذا القطر غير موجود في السوق نختار القطر الأكبر مباشرة وهو ٦٠٠ مم . ونصل ما بين نقطة التصريف ٢١٢,٥ لتر/ثانية ونقطة القطر ٦٠٠ مم فتجد أن هذا الخط يقطع محور السرعة عند ٧٥ سم/ثانية كما يقطع محور الأقطار في نقطة - نصل ما بين هذه النقطة والنقطة ٠,٠١٥ على محور المعامل v في معادلة ماننج ونجد الخط يقطع محور الميل عند قيمة الميل المطلوب ونجد أنها ٠,٠٠١٦ .

المواد التي تصنع منها مواسير الصرف الصحي

يشترط في مواسير الصرف الصحي عامة الشروط الآتية :

- ١ - أن يكون مصنوعة من مادة صماء ما أمكن لا ينفذ منها الماء أو الغازات .
- ٢ - أن تكون ملصاة السطح الداخلي .
- ٣ - أن تتحمل الضغوط التي يقع عليها من الخارج دون أن تتعرض للكسر أو التلف .

٤ - أن تكون مستقيمة خالية من الانثناء .
وتصنع مواسير المخاري من المواد الآتية :

- ١ - مواسير فخار حجري مزجج .
- ٢ - مواسير خرسانية عادية .
- ٣ - مواسير خرسانية مسلحة .
- ٤ - مواسير خرسانية مبطنة بالفخار المزجج .

١ - المواسير الفخار المزجج

تصنع مواسير المخاري من الفخار بأقطار أقصاها ٣٦" بحيث يكون لكل منها رأس وذيل (شكل ١٦٣) ويشترط فيها المواصفات الآتية :

- ١ - أن تكون مثلية من الداخل والخارج بطلاء الملح الأسمر ولا تتأثر بالأحماض أو الغازات المتولدة في المخلفات السائلة .

- ٢ - أن تكون تامة الاستقامة خالية من الأعوجاج أو التشويه مستديرة المقطاع متجانسة من المنتصف .

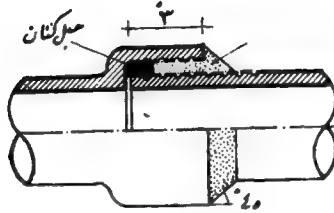
- ٣ - ألا يقل سمك جدرانها على $\frac{1}{4}$ " من قطرها على ألا يقل السمك بأى حال من الأحوال عن ثلاثة أرباع البوصة .

- ٤ - أن تكون تامة الاحتراق وتعطى عند طرفها رنينا حاداً وأن يغزير عند كسرها مادة متجانسة ذات لون منتفخ .

- ٥ - ألا يقل سمك المسافة الدائرية المعلقة للحام ما بين الرأس والذيل عن نصف بوصة . وعق رأس عن ثلاثة بوصات (شكل ١٤ - ٥)

- ٦ - أن تكون من مادة صماء نسبياً لا تمتص ماء أكثر من :

٦ ٪ من وزنها للمواسير ذات سمك $\frac{3}{4}$ " بوصة فأقل



شكل ١٤ - ٥

٧. من وزنها للمواسير ذات سمك $\frac{3}{4}$ بوصة — بوصة
٨. من وزنها للمواسير ذات سمك بوصة $\frac{1}{2}$ — بوصة ١
٩. من وزنها للمواسير ذات سمك بوصة $\frac{1}{4}$ — بوصة ١
١٠. من وزنها للمواسير ذات سمك أكثر من بوصة ونصف .

وطريقة لإجراء هذا الاختيار هو كالآتي :

(أ) يؤخذ قطعة من جسم المسورة سطحها حواف عشرة بوصات مربعة .

(ب) تسخن حتى درجة ١٥٠° مئوية حتى يتم جفافها ثم تبرد وتوزن .

(ج) تغمر في ماء بارد ثم ترفع درجة حرارة الماء حتى الغليان وتبقى العينة في الماء عند درجة الغليان لمدة ساعة .

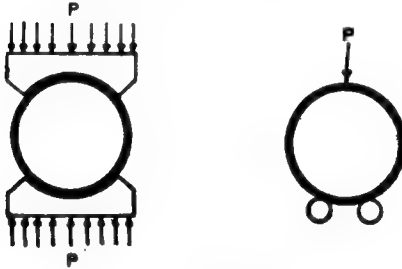
(د) بعد تبريد الماء تؤخذ العينة وتجفف — وتوزن ثانية والفرق بين الوزنين يوضح نسبة الامتصاص .

٧ - أن تتحمل ضغطاً مائياً قبل تركيبها لا يقل عن عشرين رطل على البوصة المربعة (١,٤ كيلوجرام/سنتيمتر مربع) من الداخل بدون ظهور الرشح على السطح الخارجى للجدار لمدة عشر ثوانى على الأقل .

٨ - أن تتحمل المواسير الانتقال الخارجية الموضحة فى جدول رقم (١٤ - ٤) عند اختبارها باحدى طريقتين :

- a) Sand bearing test
- b) Three edge bearing test.

والموضحتين فى شكل رقم (١٤ - ٦) .



شكل رقم ١٤ - ٦

طريقة لحام مواسير الفخار :

تصنع مواسير الفخار بحيث يكون لكل منها رأس ك وذيل ، وتعمل الوصلات بأن يدخل ذيل الماسورة فى رأس الماسورة المجاورة ثم يوضع فى الفراغ بين الذيل والرأس حلقة من حبل الكتان المشيع بالأخشنة اللباني ثم يدك جيداً ثم يملأ الفراغ الباقى بمونة الأخشنة والرمل ١ : ١ وتتمشى اللحامات عادة مشطوفة بزاوية ٤٥ درجة (شكل ١٤ - ٥) ولاستعمال حبل الكتان الفوائد الآتية :

جنول رقم (١٤ - ٤)

| الأنقال الواجب فلما سورة تحملها | | |
|--|------|----------------------|
| (رطل على المقدم الطولى) | | قطر الماسورة بالبوصة |
| Sand bearing Test. Three edge bearing test | | |
| ١٦٥٠ | ١١٠٠ | ٦ |
| ١٩٥٠ | ١٣٠٠ | ٨ |
| ٢١٠٠ | ١٤٠٠ | ١٠ |
| ٢١٠٠ | ١٤٠٠ | ١٠ |
| ٢٢٥٠ | ١٥٠٠ | ١٢ |
| ٢٦٥٠ | ١٧٥٠ | ١٥ |
| ٣٠٠٠ | ٢٠٠٠ | ١٨ |
| ٣٣٠٠ | ٢٢٠٠ | ٢١ |
| ٣٦٠٠ | ٢٤٠٠ | ٢٤ |
| ٤١٢٥ | ٢٧٥٠ | ٢٧ |
| ٤٨٠٠ | ٣٢٠٠ | ٣٠ |
| ٥٢٥٠ | ٣٥٠٠ | ٣٣ |
| ٥٨٥٠ | ٣٩٠٠ | ٣٦ |

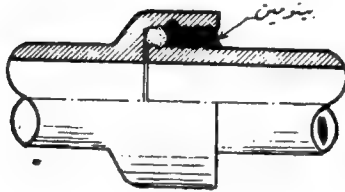
(١) ضمان استقامة محاور المواسير المتجاورة .

(ب) منع تسرب مونة الأسمنت والرمل إلى داخل الماسورة .

(ج) تثبيت المواسير في موضعها وعدم هبوطها وتلف لحاماتها قبل جفاف الأسمنت .

إلا أن من عيوب استعمال مونة الأسمنت والرمل في لحام المواسير ، صلابة الوصلة مما قد يسبب حدوث شرخ فيها لئى هبوط في المواسير مما

ولذلك يفضل أحياناً إستبدال مونة الأسمنت والرمل بتواد بيتومينية تسخن حتى درجة ٤٦٠° فهرنهايت (٢٠٥° سنتراد) ثم تصب في الفراغ ما بين الرأس والذيل (شكل ١٤ - ٧).



شكل رقم ١٤ - ٧

٢ - للمواسير من الخرسانة العادية

تصنع مواسير الصرف الصحي من الخرسانة العادية إذا لم يتجاوز القطر ٢٤ بوصة - وقد شجع على تصنيع مواسير الصرف من الخرسانة تواجد المواد الأولية اللازمة لهذه الصناعة وهي الرمل والزلط في أماكن كثيرة محيطة بالمدين التي تنشأ فيها مشروعات الصرف الصحي - وهي تصنع في موقع العمل إذ أن نقل الأسمنت من المصنع إلى موقع العمل أصعب بكثير من نقل المواسير من المصنع إلى موقع العمل - إلا أن هذا يستوجب دقة الاشراف على التصنيع - وتصنع هذه المواسير بحيث يكون لكل منها رأس وذيل . على ألا يتجاوز طول الماسورة ١٨٠ سم .

وينتظر في المواسير من الخرسانة العادية الشروط الآتية :

- ١ - أن تكون قبة الاستقامة خالية من الأعوجاج أو التشويه .
- مستديرة القطاع خالية من التشقق .

٢ - أن تكون صماء نسبياً وفي هذا الصدد لا يزيد امتصاصها للماء عما هو بين في مواصفات المواسير الفخار .

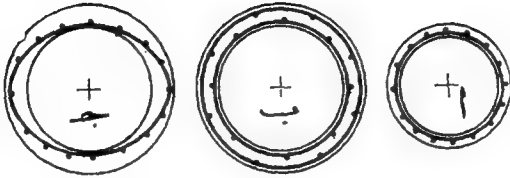
٣ - أن تتحمل ضغطاً هيدروستاتيكياً يختبر بإيقاف الماسورة على ذيلها ثم ملئها بالماء . ويجب ألا يظهر أى تسرب من جدرانها أو يقع مزدهاء (damp spots) بعد خمسة عشر دقيقة من البدء في الاختبار .

٤ - أن تتحمل الضغوط الخارجية المبينة في الجدول (١٤ - ٤) أسوة بالمواسير الفخار المزجج المضروب بالملح
طريقة لحام المواسير من الخرسانة العادية :

تذع نفس طريقة لحام المواسير من الفخار المزجج .

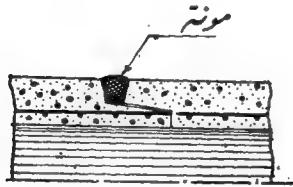
٣ - المواسير من الخرسانة المسلحة

ومنه تصنع بقطار ٢٤ بوصة فأكثر نظراً لعدم إمكان تصنيع هذه الأقطار الكبيرة من الخرسانة العادية . كما أنها تصنع عند الضرورة بأقطار أصغر من ذلك - وتحتوى المواسير الخرسانة المسلحة على تسليح دائرى وتسليح طولى . الأول ليكسبها قوة تحمل الضغط الخارجى الواقع عليها والثانى لثبوت التسليح الدائرى وكذلك لمنع أى تشققات طولية في الماسورة (والشكل رقم ١٤ - ٨) يبين طريقة وضع التسليح إلا أنه في حالة استعمال الطريقة (ج) في الرسم يجب وضع علامة على الراسم العلوى للماسورة . حتى توضع في الوضع الصحيح في الموقع ويوضح (الشكل رقم ١٤ - ٩) طريقة لحام مواسير الخرسانة المسلحة مع بعضها .



تطاعات في مواشير خرسانية مسلحة

شكل ١٤ - ٨



سحام لمواسير خرسانية المسلحة

شكل رقم ١٤ - ٩

٤ - مواشير الخرسانة المسلحة المبطنة بالفخار المزجج

لما كانت المواشير الخرسانية العادية أو المسلحة عرضة للتآكل نتيجة للغازات المتصاعدة من المخلفات السائلة والتي تتفاعل مع الأنتنت الموجود في الخرسانة محولة إياه إلى مواد غير متماسكة عبارة عن كبريتات الكالسيوم والحديد والألمنيوم فأما نحن تبطين المواشير الخرسانية بألواح من الفخار المزجج - إذ أن للألواح الفخارية المزججة قدرة على مقاومة التآكل أكثر من الخرسانة .

والأواح المستعملة تكون 40×20 سنتيمتر - ذات نتوءات في السطح الخلفى ليسهل تماسكها مع الخرسانة .
أما طريقة تسليح هذه المواسير وكذلك طريقة لحامها فهي مثل المواسير الخرسانية المساحة الأخرى .

الضغوط الخارجية على المواسير

لقد أثبتت التجارب التي تمت في جامعة ولاية أيوا بأمريكا تحت إشراف البروفيسير انسون مارستون (Prof. Anson Marston-Iowa State University) أن الأتقال الناتجة عن الردم على الماسورة يتحملها الربع العلوى من الماسورة كما أن رد فعل الأرض على الماسورة يتحملة الربع الأسفل من الماسورة وأن كل من هذه الأتقال ورد الفعل يكاد يكون منتظم التوزيع على الربع الذى يؤثر عليه ويتوقف هذا الانتظام على مدى العناية بعملية الردم .

$$W = C w B^2$$

حيث W = الحمل بالرطل على القدم الطولى للماسورة .

C = معامل ثابت يتوقف على نوع الردم والنسبة بين عمق الخندق وعرضه (جدول ١٤-٥) .

B = عرض الخندق بالقدم مقياساً عند نهاية الربع العلوى للماسورة وهو يساوى مرة ونصف القطر مضافاً إليه ١٢ بوصة أى يساوى $(\frac{3}{4} \times \text{القطر} + 12)$.

w = وزن مادة الردم بالرطل / قدم مكعب . (جدول ١٤-٦)

جدول رقم (١٤ - ٥)

قيمة الثابت « ج » في معادلة مارستون

| النسبة بين عمق الردم وعرض الخندق | ردم من الرمل أو التربة العادية المرطبة بالماء | ردم من التربة العادية المشبعة بالماء | ردم من الطين المرطب بالماء | ردم من الطين المشبع بالماء |
|--|---|--|-------------------------------|-------------------------------|
| ٠.٥ | ٠.٤٦ | ٠.٤٦ | ٠.٤٧ | ٠.٤٧ |
| ١.٠ | ٠.٨٥ | ٠.٨٦ | ٠.٨٨ | ٠.٩٠ |
| ١.٥ | ١.١٨ | ١.٢١ | ١.٢٤ | ١.٢٨ |
| ٢.٠ | ١.٤٦ | ١.٥٠ | ١.٥٦ | ١.٦٢ |
| ٢.٥ | ١.٧٠ | ١.٧٦ | ١.٨٤ | ١.٩٢ |
| ٣.٠ | ١.٩٠ | ١.٩٨ | ٢.٠٨ | ٢.٢٠ |
| ٣.٥ | ٢.٠٨ | ٢.١٧ | ٢.٣٠ | ٢.٤٤ |
| ٤.٠ | ٢.٢٢ | ٢.٣٣ | ٢.٤٩ | ٢.٦٦ |
| ٤.٥ | ٢.٣٤ | ٢.٤٧ | ٢.٦٥ | ٢.٨٧ |
| ٥.٠ | ٢.٤٥ | ٢.٥٩ | ٢.٨٠ | ٣.٠٣ |
| ٥.٥ | ٢.٥٤ | ٢.٦٩ | ٢.٩٣ | ٣.١٩ |
| ٦.٠ | ٢.٦١ | ٢.٧٨ | ٣.٠٤ | ٣.٣٣ |
| ٦.٥ | ٢.٦٨ | ٢.٨٦ | ٣.١٤ | ٣.٤٦ |
| ٧.٠ | ٢.٧٣ | ٢.٩٣ | ٣.٢٢ | ٣.٥٧ |
| ٧.٥ | ٢.٧٨ | ٢.٩٨ | ٣.٣٠ | ٣.٦٧ |
| ٨.٠ | ٢.٨١ | ٣.٠٣ | ٣.٣٧ | ٣.٧٦ |
| ٨.٥ | ٢.٨٥ | ٣.٠٧ | ٣.٤٢ | ٣.٨٥ |
| ٩.٠ | ٢.٨٨ | ٣.١١ | ٣.٤٨ | ٣.٩٢ |
| ٩.٥ | ٢.٩٠ | ٣.١٤ | ٣.٥٢ | ٣.٩٨ |
| ١٠.٠ | ٢.٩٢ | ٣.١٧ | ٣.٦٥ | ٤.٠٤ |
| ١١.٠ | ٢.٩٥ | ٣.٢١ | ٣.٦٣ | ٤.١٤ |
| ١٢.٥ | ٢.٩٧ | ٣.٢٤ | ٣.٦٨ | ٤.٢٢ |
| ١٣.٠ | ٢.٩٩ | ٣.٢٧ | ٣.٧٢ | ٤.٢٩ |
| ١٤.٠ | ٣.٠٠ | ٣.٢٨ | ٣.٧٥ | ٤.٣٤ |
| ١٥.٠ | ٣.٠٦ | ٣.٣٠ | ٣.٦٧ | ٤.٣٨ |
| ١٦.٠ | ٣.٣٠ | ٣.٣٣ | ٣.٨٥ | ٤.٥٥ |

جدول ١٤ - ٦

| مادة الردم | الوزن (بالرطل / قدم ٢) |
|-------------------------|------------------------|
| رمل جاف | ١٠٠ |
| رمل مرطب بالماء | ١١٥ |
| رمل مبلول | ١٢٠ |
| طين مرطب بالماء | ١٢٠ |
| طين مشبع بالماء | ١٣٠ |
| تربة عادية مشبعة بالماء | ١١٥ |
| تربة عادية مرطبة بماء | ١٠٠ |

ملاحظة : المذئوب إيجاد الأحمال على القدم الطولى لماسورة صرف صمى قطر ٢٤ بوصة موضوعة على عمق ١٢ قدم إذا كانت مادة الردم من الطين المرطب بالماء (الوزن = ١٢٠ رطل / القدم المكعب) .
الحاصل :

$$\begin{aligned} & \text{عرض الخندق} = B - 12 + \frac{3D}{2} \\ & 4' = 48'' = \text{عمق الخندق} \\ & \text{قطر الماسورة} = 24 \text{ بوصة} = 2' = \text{قدم} \\ & \text{عمق الردم} = 12 - 2 = 10' = \text{قدم} \\ & \frac{D}{B} = 10 \div 4 = 2.5 \\ & \text{من الجدول ١٤ نجد أن } C = 1.84 \\ & W = C \cdot w \cdot B^2 \\ & = 1.84 \times 120 \times 4^2 \\ & = 3530 \text{ lb/ft Length} \end{aligned}$$

أى أن القدم الطولى يتعرض لضغط خارجى قدره ٣٥٣٠ رطل .

طريقة تنفيذ خط مواسير الصرف :

تتألف من تنفيذ شبكة المحارى فى الخطوات الآتية :

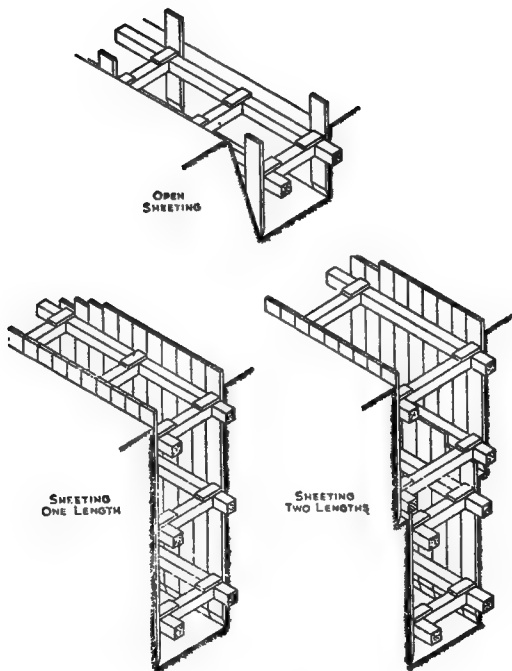
١ - يحدد محور الماسورة ويفضل أن يكون فى محور الطريق إن أمكن حتى تتساوى فى الطول الوصلات المنزلية إلى المنازل على جانبيه إذ أن ملاك المنازل هم الذين يدفعون تكاليف هذه الوصلات .

٢ - يحدد نصف عرض الخندق على كل من جانبيه اشور .

٣ - يبدأ فى الخفر حتى تعمق المطلوب ويكون هذا الخفر إما يدوياً أو آلياً مع تشكيل القراع بحيث تستند الماسورة على ربيع محيطها بالحدال وليس على الترابم الأسفل فقط (شكل ١٤ - ١١) وكذلك مع عمل الفراغات اللازمة لرأس الماسورة - كذلك توضع الشدات اللازمة لمنع انهيار الأتربة ويتوقف نوع هذه الشدات ومدى العناية بها على عمق الخفر ونوع التربة التى يتم فيها (والشكل رقم ١٤ - ١٢) يبين أنواع لهذه الشدات .

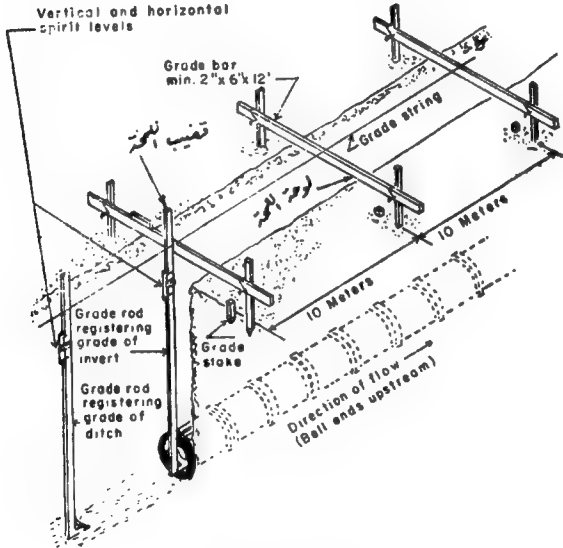


شكل رقم ١٤ - ١١



شکل رقم ۱۴-۱۲

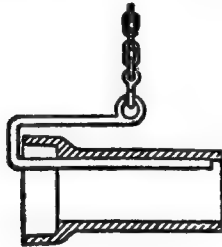
٤ - للتأكد من وصول الحفر إلى العمق المطلوب تستعمل لوحة اللمحة (Sight rail) وقضيب أو شاخص اللمحة (grade rod) شكل ١٤ - ١٣) وتكون لوحة اللمحة من قائمين رأسيين كل قائم على أحد جوانب الحفر ومثبت فيهما لوح أفقى - ويثبت هذا اللوح الأفقى على مناسب معينة بحيث يكون الفرق بين مذسوب لوحين متتاليين مساوياً للفرق بين مذسوب الماسورة عند موضعي اللمحة . أى أن الخط الودى الواصل بين سطحي اللوحين يكون موازياً لقاع الماسورة .



شكل رقم ١٤ - ١٣

وقضيب اللوحة عبارة عن شاخص رأسى له قدمة بأسفله ومثبت بأعلاه لوح خشبي قصير بحيث يكون طول اللوحة مساوياً للفرق بين منسوب لوح اللوحة ومنسوب قاع الماسورة .

٥ - وتنزل المواسير إلى القاع باستعمال خطافات وسلاسل خاصة (شكل ١٤ - ١٤) ويبتدأ المواسير من أسفل نقطة في الخط وبعيد يكون الرأس متجهاً إلى أعلى وتثبت بحيث يكون اللوح الخشبي في أعلى قضيب اللوحة على خط النظر للوح حتى اللوحة وقدمه قضيب اللوحة على قاع الماسورة عندئذ يكون قاع الماسورة على المنسوب المطلوب (شكل ١٣ - ٤) ويستمر إنشاء الخط بوضع ذيل كل ماسورة في رأس سابقتها مع التأكد من المناسب بالطريقة المذكورة أعلاه باستعمال قضيب اللوحة .

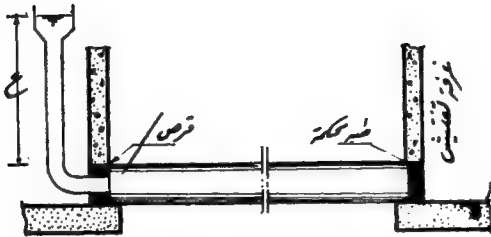


شكل رقم ١٤ - ١٤

٦ - بعد ذلك يتم لحامها بالطرق السابق شرحها - ثم يجرب للتأكد من سلامة المواسير والحامات وذلك بضغط الماء في خط المواسير .

اختبار ضغط الماء للمواسير :

ويتم هذا الاختبار بسد الطرف الأسفل لخط المواسير المراد اختيارها بواسطة قرص مطاط محكم - كما يركب في الطرف العلوي من خط المواسير



ختمار الجوسير

شكل رقم ١٥ - ١٤

قرص به فتحة متصلة بأنبوبة رأسية محكمة اللحام ثم عملاً خط المواسير وكذلك الماسورة الرأسية بالماء حتى ارتفاع معين (شكل ١٤ - ١٥) وتختلف المواصفات في قيمة هذا الارتفاع . والشروط الواجب توافرها في الماسورة تحت هذا الضغط - وتنص مواصفات الهيئة العامة للصرف الصحي - مرفق مجارى الاسكندرية - على أن يكون هذا الارتفاع متراً واحداً فوق رأس آخر بربخ - وبعد مضي وقت كافى لامتصاص اللحامات يصبر وزن منسوب الماء الموجود في الماسورة الرأسية - وبعد مضي عشرة دقائق أخرى يجب ألا تزيد كمية الماء الوجب اضافتها إلى الماسورة الرأسية ليعود منسوب الماء فيها إلى ما كان عليه عن الآتى لكل جزء من الماسورة طوله ٥٠ متر :

مواسير قطر ٢٠ سم (٨ بوصة) : ٢ لتر

مواسير قطر ٢٥ سم (١٠ بوصة) : ٣, ١٢٥ لتر

مواسير قطر ٣٠ سم (١٢ بوصة) : ٤, ٥ لتر

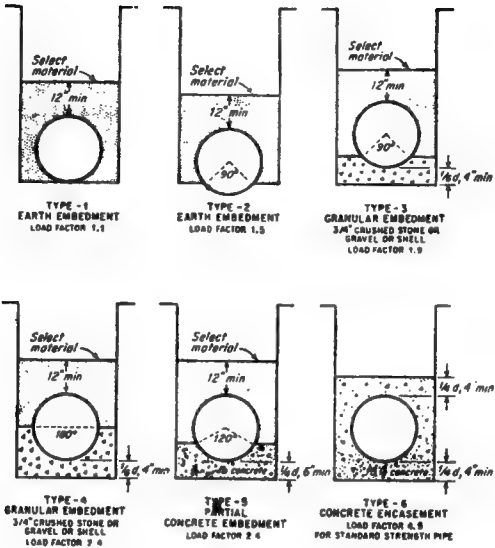
بينما تكفى مواصفات أخرى بالنص على عدم ظهور آثار رشع في جسم الماسورة أو الحامات بعد استمرار حفظ الماء لمدة خمسة عشر دقيقة بارتفاع متران .

٧ - بعد التأكد من سلامة الوصلات بردم الخلق بالأتربة المزالة أصلا عند الحفر مع استبعاد الأحجار والأجسام الكبيرة منه - على أن يكون الردم على طبقات ارتفاع كل طبقة حوالى خمسة عشر سنتيمترا وتلك هذه الطبقات بعناية حوال الماسورة وفوقها حتى ارتفاع ٥٠ سنتيمترا من راسها العلوى - وبعد ذلك يمكن زيادة ارتفاع الطبقات حتى ثلاثين سنتيمترا .

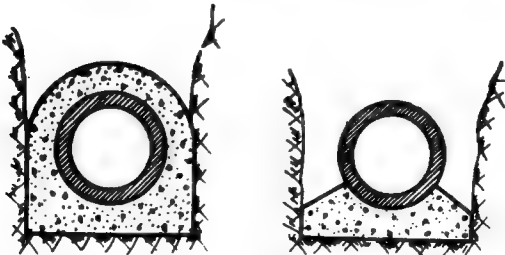
تغليف المواسير بالخرسانة :

يفضل في بعض الأوقات عمل فرشاة من الخرسانة تحت المواسير الفخار أو الخرسانة العادية بل أن في بعض الأحيان يفضل أن تغلف الماسورة بكامل محيطها بالخرسانة والفرض من ذلك هو زيادة قلمه الماسورة على تحمل الضغوط الخارجية المؤثرة عليها وتتوقف طريقة التغليف على قطر الماسورة وعلى الأحمال التي تتعرض لها الماسورة . إذ أن كل طريقة للتغليف تزيد قوة تحمل المواسير للضغط الخارجى بنسبة معينة (Load factor) كما هو موضح في الشكل رقم (١٤ - ١٦) إلا أنه يمكن الاكتفاء من الناحية العملية بما نشرطه معظم المواصفات بتغليف الماسورة بالكامل بحيث لا يقل سمك التغليف عن ربع قطر الماسورة بحدا أدنى عشرة سنتيمترات (شكل ١٤-١٧)

مثال : في المثال السابق وجدنا أن الماسورة قطر ٢٤" على عمق ١٢ قدم تتعرض لضغط خارجى قلمه ٣٥٣٠ رطل على القدم الطولى - أوجد نوع التغليف اللازم لهذه الماسورة حتى تتحمل هذا الضغط .



شکل رقم ۱۴ - ۱۶



شکل رقم ۱۴ - ۱۷

المحل : بالرجوع إلى جدول ١٤ - ٤ نجد أن الماسورة قطر ٢٤" تتحمل ضغطاً خارجياً بطريقة الثلاثة نقط للارتكاز (three edge bearing) قدره ٢٤٠٠ رطل على القدم الطولى - وتنص المواصفات الأمريكية على ضرورة عدم تعريض الماسورة لأكثر من ثلاثى هذا الضغط بدون تغليف أى أن أنهى ضغط مسموح نعمله على الماسورة بدون تغليف هو ١٦٠٠ رطل على القدم الطولى .

$$\therefore \frac{\text{الضغط الخارجى الفعلى}}{\text{الضغط المسموح به}} = \frac{3530}{1600} = 2.20$$

... ينحار طريقة التغليف ٤ أو ٥ الموضحة فى الشكل ١٤-١٦ حتى يمكن للماسورة تحمل الضغط الخارجى الواقع عليها .
صيانة شبكات الصرف الصحى :

والمقصود بصيانة شبكة الصرف هو تنظيفها وإزالة ما قد يكون قد رسب فى قاعها وعلى جوانبها من شوائب تقلل من قطاعها وبالطبعية تحد من قدرتها على حمل التصريف التصميمى المقدر لها أن تحمله - والصيانة الجيدة لشبكة المواسير تستلزم معرفة تامة بموقع الشبكة واتجاهات سير المخططات السائلة فيها وكذلك توفير المعدات اللازمة لهذه الصيانة .

وقديما كان يعتمد على الطرق اليدوية البدائية بادخال عصا خرزانية متصلة ببعضها فى نهايته بوصلات نحاسية مقلوطة ، فى حجرة التفتيش فوق موقع السدد ويتوالى دفع المعصى فى الماسورة لتحرك الرواسب من مكانها وتدفعها الماء المتجمع فى الماسورة أمامها .

أما الآن فىستعمل أجهزة ميكانيكية لقلقلة الرواسب المتراكمة وإزالتها خارج المواسير والشكل (رقم ١٤ - ١٨) يوضح بعض المعدات المستعملة فى تنظيف المواسير : هذه المعدات تتركب فى نهاية سلك مرن يلفح بطول الماسورة مع إدارته لولبيا بواسطة ماكينات خاصة كما هو موضح فى نفس الشكل :

الجمعيات الرئيسية

Main Collectors

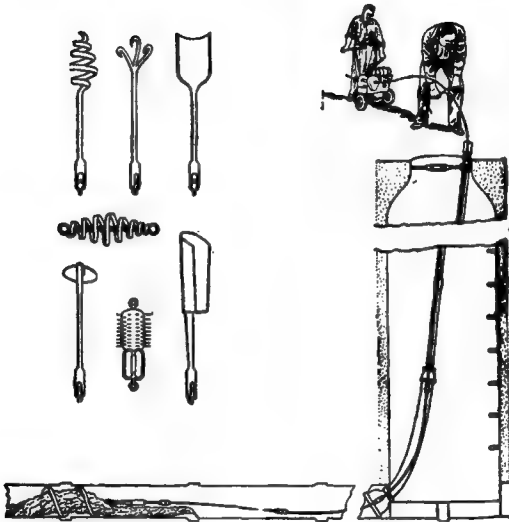
يطلق اسم المجمع على مواسير الصرف الرئيسية التي يزيد قطرها من ٩٠ سنتيمترا (ثلاثة أقدام) وتبنى هذه المجمعات بعد حفر الخندق للمنسوب المطلب والميل المطلوب وقطاعها إما دائري أو على شكل حلوة الفرس أو بيضاوى وتبنى هذه المجمعات من الخرسانة العادية أو المسلحة وأحيانا من الطوب أو الحجر على أن يبطن السطح الداخلى بمونة الأسمنت والرمل على أنه يشترط مراعاة الآتى عند انشاء هذه المجمعات :

١ - يبطن الجزء العلوى فوق أوطى منسوب للماء فى المجمع - بالطوب الأزرق المزجج (vitrified blue bricks) المبني بمونة الأسمنت الفوندى والرمل وذلك لمقاومة الغازات المتصاعدة من المخلفات السائلة التي تجري في الواسير .

٢ - بياض السطح الخارجى للمجمع بمونة الأسمنت والرمل : ١ : ٢ وبسلك سنطيمتران مع اضافة مادة مانعة للرشح مثل السيكاف أو بطيخة بيتومينية وذلك لمنع مياه الرشح من التسرب داخل المجمع .

٣ - إذا كان قاع الخندق الذى يبنى فيه المجمع تحت منسوب المياه الجوفية فيجب وضع مواسير من الفخار أو الأنت ٤ أو ٦ بطول الخندق على أن تكون مفتوحة الوصلات محاطة بالزلط لكي يمر الماء الجوفى إلى داخل المواسير فيبط منسوب الماء الجوفى مما يسهل عملية بناء المجمع .

٤ - تستعمل الشدات اللازمة لمنع انهيار جوانب الحفر على أنه يفضل ائزال الجوانب الراسية للشد إلى حوالى متر تحت منسوب الأساس للحد من مرور الماء من الجانبين إلى الخندق .

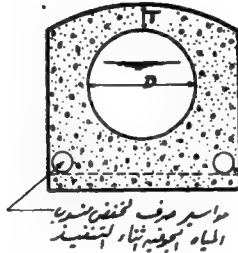


شكل رقم ١٤ - ١٨

٥ - تكون الخرسانة المستعملة لبناء المجمع بنسبة ٤ : ٢ : ١ ويفضل وضع حديد تسليح أو قصبان حديدية في الجزء الأسفل لبنى المجمع لتقويته في الأماكن ذات الأرض الضعيفة .

المجموع المستدير (Circular Section) (بشكل ١٤ - ١٩) .

يتماز بسهولة البناء مع قلة التكاليف ويحدد سماك العقد الخرساني بالمعادلات الآتية :



شكل رقم ١٤ - ١٩

$$T = 0.28 \sqrt{R} + 0.1$$

وهي تعرف بمعادلة هل (C. D. Hull) وهي تناسب الأقطار الكبيرة .
أو المعادلة :

$$T = \frac{D + 1}{12}$$

وهي تعرف بمعادلة فولر (Fuller) وهي تناسب الأقطار الصغيرة .

حيث T = سماك العقد بالقدم .

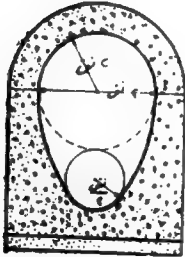
R = نصف القطر بالقدم .

D = القطر بالقدم .

إلا أنه يشترط ألا يقل سمك الغدد في كثير من الأحوال عن ٢٥ سنتيمتراً أما جوانب الغدد وقاعة فيكون سمكها مرة ونصف على الأقل من سمك الغدد .

المجموع البيضاوى (Egg Shape) (بشكل ١٤ - ٢٠) :

ويستعمل القطاع البيضاوى عندما يكون تصرف الطقس الجاف صغيراً بالنسبة لتصرف الطقس الممطر إذ أن السرعة في الجزء الأسفل من القطاع البيضاوى تزيد عن السرعة في الجزء المناظر في القطاع الدائرى عند تساوى التصرفات في كل منهما ومن ثم لا يحدث ترسيب عند هبوط التصرف في في المجمعات البيضاوية - والمقاسات الرئيسية للقطاع هي :



المعنى الداخلى = ٣ نق

نصف قطر الدائرة العليا = نق

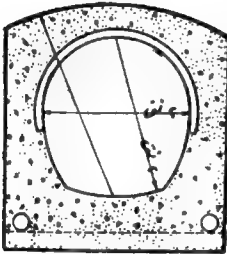
نصف قطر الدائيرة السفلى = ١/٢ نق

نصف قطر منحنى الجوانب = ٣ نق :

شكل رقم ١٤ - ٢٠

المجمع شكل حلوة الفرس (Horse Shoe section) (شكل ١٤ - ٢١) :

ويستعمل هذا المجمع عند كبر التصرفات مع تغير طفيف في معدل التصرفات. إلا أن من عيوبه احتمال ترسيب الرمال وغيرها من الرواسب في الزوايا بين الجدران والأرضية عند انخفاض السرعة - والمقاسات الرئيسية للمجمع هي :



شكل ١٤ - ٢١

نصف قطر القلعة العليا = نق

المق الكلي الداخلي = نق - < ٢ ١/٢ نق

نصف قطر القاع = ٢ ١/٢ نق - < ٣ نق

نصف قطر الجوانب = ٢ ١/٢ نق - < ٣ نق

التآكل في مواسير الصرف الصحي

تختلف مقاومة المواد التي تصنع منها مواسير الصرف الصحي في مقاومة التآكل الناتج من تحلل المواد العضوية الموجودة في المخلفات السائلة - وشد هذه المواد مقاومة هي الفخار المزجج المضروب بالملح بينما أقلها مقاومة هي المواسير الخرسانية .

والسبب الرئيسي لتآكل الجدران الخرسانية للمواسير هو توالد كبريتور الهيدروجين داخل المخلفات السائلة نتيجة التحلل اللاهوائي للمواد العضوية الكبريتية . ثم تصاعد هذا الغاز إلى الهواء في الجزء العلوى من الماسورة - ونتيجة لنشاط أنواع معينة من البكتيريا يتأكسد كبريتور الهيدروجين ويتحول إلى حامض الكبريتيك الذى يتكثف على السطح الداخلى للجزء العلوى للماسورة فينتفاعل مع الأسمنت فى الخرسانة مكونا رقائق هشّة من كبريتات العناصر الداخلة فى صناعة الأسمنت مثل الكلسيوم والألمنيوم والحديد - هذه الرقائق الهشة يسهل تشققها وانفصالها عن الجدار الخرساني للماسورة ومن ثم يتعرض سطح جديد من الخرسانة لتفاعل حامض الكبريتيك وهكذا حتى تتساقط حبيبات الرمل والزلط لضباع المادة اللاصقة لها وتتوقف كمية كبريتور الهيدروجين المتكونة إلى مخلفات السائلة المتحللة على :

(أ) درجة تركيز المواد العضوية .

(ب) درجة الحرارة .

(ج) كمية الكبريتات الموجودة أصلا فى المواد العضوية .

وأهم الطرق للتجبة للحد من تآكل المواسير الخرسانية هي :

(أ) المحافظة على سرعة عالية فى مواسير الصرف الصحى - هذه السرعة بالإضافة إلى منع الترسب فإنها تساعد على تهوية المخلفات السائلة وبالتبعية إمتصاص الأكسوجين الجوى الذى يبطل فاعلية كبريتور الهيدروجين .

(ب) إضافة الكلور إلى مخلفات السائلة ليتعادل مع كبريتور الهيدروجين وليحد من نشاط البكتيريا التى تسبب التفاعلات المؤدية لتآكل الخرسانة :

(ج) تبطين المجمعات الرئيسية بألواح البلاستيك أو الطوب المقاوم للأحماض - على أن يلمص أى منهما مع الخرسانة بواسطة مركبات المطاط أو أى مادة أخرى مقاومة للأحماض .

الباب الخامس عشر

الاجهزة الاضافية في شبكات الصرف الصحي

تحتاج شبكات الصرف الصحي بعض الأجهزة لضمان حسن تشغيلها وصيانتها والاشراف عليها وهذه تشمل :

- ١ - المطابق أو غرف التفتيش :
Manholes
- ٢ - بالوعات الشوارع
Street inlets
- ٣ - بالوعات تحجز الرواسب :
Catch basins
- ٤ - أحواض الدفق .
Flushing tanks
- ٥ - أجهزة قياس التصريف .
Measuring of flow devices
- ٦ - أحواض حجز الزيوت والدهون
Grease and oil traps
- ٧ - السيفونات المقلوبة .
Inverted siphons
- ٨ - منظمات التصريف .
Regulators

١ - المطابق Manholes

وتسمى أحياناً غرف التفتيش (inspection chamber) وهى عبارة عن ماسورة رأسية (Shaft) باتساع كافى لتزول العمال بداخلها ، تصل ما بين سطح الأرض والماسورة . وتكون الماسورة داخل الغرفة متزوعة الجزء العلوى منها وبذلك تظهر الغلافات السائلة أثناء سيرها فى الماسورة مما يسهل الكشف على الماسورة وتنظيفها وتسليلها مما فيها من رواسب إن وجدت . كما تستعمل أحياناً بفرض تهوية المواسير أو دفق الرواسب فى المواسير بتسليط تصرف كبير من خرطوم حريق مثلاً فى داخل المطابق .

وتوضع المطابق فى الاماكن الآتية :

- ١ - عند تغيير قطاع الماسورة .
- ٢ - عند تغيير نوع الماسورة .
- ٣ - عند تغيير اتجاه الماسورة .

٤ - عند تغيير ميل الماسورة :

٥ - عند تقابل ماسورتين :

٦ - كل مسافة مناسبة تتوقف على قطر الماسورة .

وتسمح بعض المواصفات أن تصل المسافة المسموح بها بين مطبقين متتاليين كما هو مبين في الجدول رقم (١٥ - ١) ، وذلك نظراً لكبر تكاليف إنشاء هذه المطابق مما يدعو إلى الإقلال منها كلما أمكن ذلك .

جدول رقم (١٥ - ١)

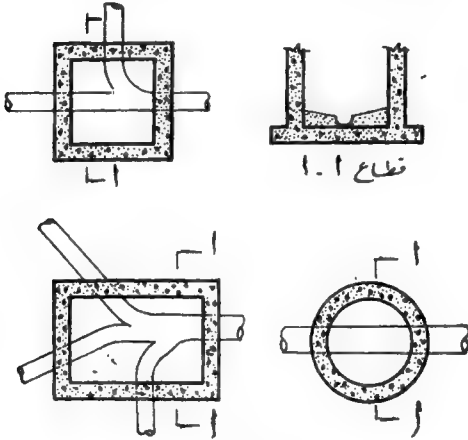
| قطر الماسورة بالبوصة | أكبر مسافة بين مطبقين |
|----------------------|-----------------------|
| ٨ | ٩٠ متر ، ٣٠٠ قدم |
| ١٠ - ١٥ | ١٢٠ متر ، ٤٠٠ قدم |
| ١٥ - ٤٨ | ١٥٠ متر ، ٥٠٠ قدم |
| أكبر من ٤٨ | ١٨٠ متر ، ٦٠٠ قدم |

إلا أن الخبرة في مصر تدعو إلى انخفاض هذه المسافات ، كما هو في الجدول رقم (١٥ - ٢) :

جدول رقم (١٥ - ٢)

| قطر الماسورة بالبوصة | أكبر مسافة بين مطبقين |
|----------------------|-----------------------|
| ٦ - ٨ | ٣٠ متر |
| ٩ - ١٠ | ٤٠ متر |
| ١٢ - ١٥ | ٥٠ متر |
| ١٨ - ٣٦ | ٦٠ متر |
| ٣٦ - ٤٨ | ١٠٠ متر |
| أكبر من ٤٨ | ١٥٠ متر |

والمسقط الأفقى لحجرة التفتيش إما دائرى وهو الأكثر شيوعاً - أو مربع أو مستطيل أو بيضاوى (شكل ١٥ - ١) ويتوقف اختيار الشكل الذى تبنى به حجرة التفتيش على العوامل الآتية :



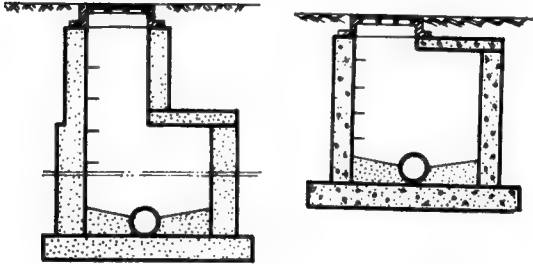
قطاع ١-١

شكل رقم ١٥ - ١

- ١ - الموقع
- ٢ - مادة البناء
- ٣ - عمق غرفة التفتيش
- ٤ - نوع التربة
- ٥ - عدد المواسير المتصلة بحجرة التفتيش وكذلك أقطارها .

على أنه يجب ألا تقل مقاسات المسقط الأفقى الداخلية للمطبق عن متر واحد إذا كان دائرياً أو مربعاً و ٨٠ سم × ١,٢٠ متر إذا كان مستطيلاً

أو بوضاويًا . على أنه في المطابق العميقة لا داعي لإنشاء المطابق بهذه المقاسات بكامل ارتفاعه بل يكفي بإنشاء المطابق بهذه المقاسات حتى ارتفاع يقل قليلا عن مترين وهو الارتفاع الذي يكفل للعامل مكانا ليقف ويعمل ، على أن تقل مقاسات المقطع الأفقي بعد ذلك إلى ٠,٦٠ متر - ٠,٦٠ متر إذا كان مربعاً أو مستطيلاً : بقطر ٠,٦٠ متر إذا كان دائرياً أو بوضاويًا .
(شكل ١٥ - ١ : ١٥ - ٣ - ١٥ - ٤) .

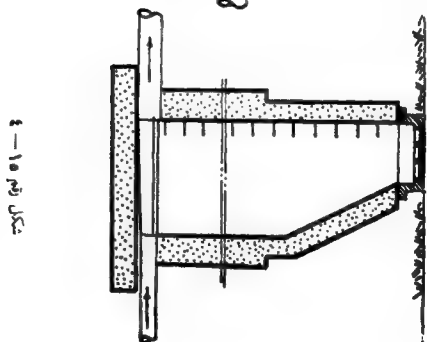
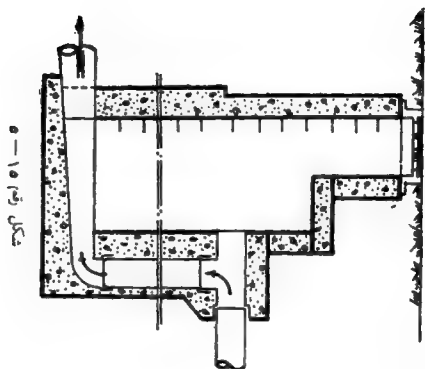


شكل رقم ١٥ - ٣

شكل رقم ١٥ - ٢

وتبنى المطابق حالياً من الخرسانة بنسبة ٢٥٠ كيلوجرام أنتم للمتر المكعب ويفضل ألا تقل عن ٣٥٠ كيلوجرام أتمنت للمتر المكعب على ألا يقل سمك الحائط عن ٢٥ سنتيمتر في أعلاه ويأخذ في الزيادة كلما زاد ارتفاعها . على أنه يجب بياض الحائط من الداخل والخارج بمونة الأتمنت والرمل بنسبة ١ : ١ وذلك للحد من تسرب الماء الحرفية إلى داخل المطابق .

أما قاع المطابق فمن الخرسانة بسمك يتراوح من ٣٠ - ٥٠ سنتيمتراً - على أن يشكل داخل المطابق ليكون قناة أو قنوات نصف دائرية تسير فيها



الماء على أن تصل هذه القنوات ببعضها بمنحنيات سهلة - ويملاً الفراغ ما بين القنوات وحائط المطبق بالخرسانة بحيث يكون سطحها العلوى متجهاً إلى أعلى بميل ١ : ١٠ من القناة إلى الحائط وبذلك تنزلق على هذا الميل إلى القناة أى زواى قد تتجمع عليه (شكل ١٥ - ١) .

كما يجب أن يزود المطبق بالسلام اللازمة لنزول وصعود العامل .

وتغطى المطابق بغطاء من الحديد الزهر من القوة بحيث يتحمل حركة المرور وهناك نوع خاص من المطابق يستعمل إذا تقابلت ماسورة على عمق صغير بماسورة على عمق كبير - وهذا ما يسمى بالمطبق الساقط أو الهابط (Drop Manbhole) (شكل ١٥ - ٥) وبذلك لا تصب الماسورة العليا في تجويف المطبق بل تصل إلى الماسورة السفلى عن طريق ماسورة رأسية خارج تجويف المطبق .

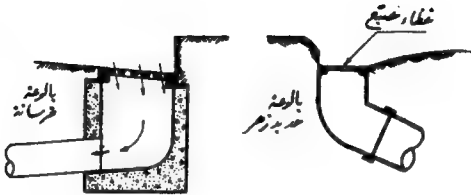
٢ - بالوعات الشوارع Street Inlets

وهذه عبارة عن صناديق أو غرف صغير سطحها العلوى مزود بفتحات طولية تسمح بمرور الماء دون الأوراق والفضلات التى قد توجد في الشارع - وهى نبى أو توضع على جانبي الطريق بجوار الرصيف مباشرة بحيث يكون السطح العلوى على منسوب سطح الطريق - هذه الصناديق متصلة بمواسير صرف مياه المطر عن طريق وصلات خاصة تصب في أقرب غرفة تفريش (شكل ١٥ - ٦ - ٧) وبذلك يمكن صرف مياه المطر من الشارع فتدخل في الصندوق عن طريق الفتحات في سطحه العلوى ومنه إلى الوصلة ١ ودية إلى ماسورة صرف مياه الأمطار .

وتتوقف المسافة بين البالوعات على :

١ - الانحدار الطولى للطريق .

٢ - كمية المطر .

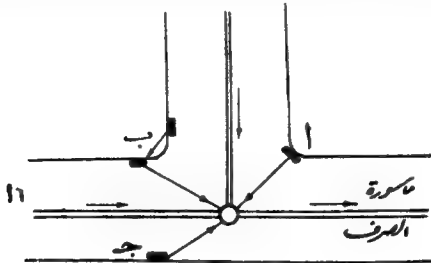


بالوعات مياه الأمطار

شكل رقم ١٥ - ٦ شكل رقم ١٥ - ٧

٣ - نوع رصيف الطريق - مع مراعاة عدم انشاء هذه البالوعات اطلاقاً في الشوارع الترابية أو التي لم ترصف بعد.

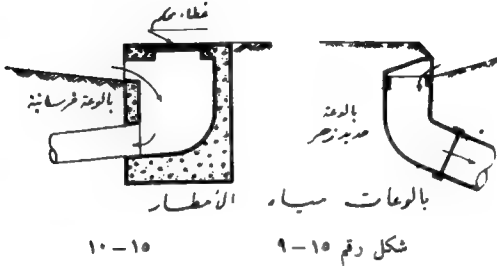
كما أن المسافة بين البالوعتين متتاليتين يجب ألا تزيد عن ٢٠٠ متر على أنه يفضل دائماً أن توضع البالوعة عند تقاطع شارعين في الوضع «أ» أو الوضع «ب» (شكل ١٥ - ٨) حتى تصرف مياه المطر من شارعين وذلك اقتصاداً في التكاليف.



مواقع بالوعات مياه الأمطار

شكل رقم ١٥ - ٨

• هناك نوع آخر من البالوعات توضع تحت الرصيف بحيث يدخل الماء من منحدر رأسية في الجانب المواجه للطريق (شكل ١٥ - ٩ ، ١٥ - ١٠).

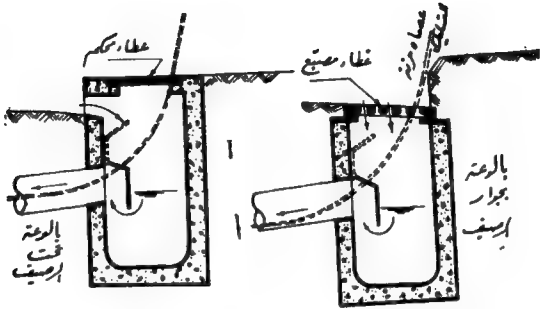


وأى من هذين النوعين يكون عادة إما جاهز التصنيع من الحديد الزهر أو تبنى في الموقع من المبنى أو الخرسانة مزودة بشبكات لمنع دخول الأوراق والفضلات إلى البالوعة .

٣- بالوعات تحجز الرواسب

Street inlets with catch basins

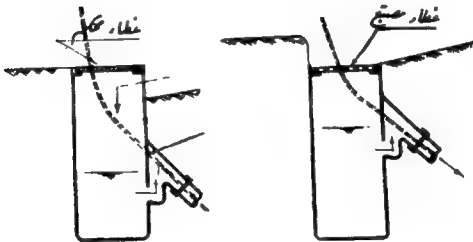
يلاحظ أن البالوعات المذكورة أعلاه تحجز الأوراق والفضلات من الدخول إلى الماسورة ولكنها لا تحجز ما تحمله مياه المطر من رمال ، لذلك عمد بعض المهندسين إلى أن يكون مخرج مياه المطر من البالوعة على منسوب أعلى من منسوب قاع البالوعة — وبذلك يتكون منخفض يرسب فيه الرمل والفضلات الأخرى وهذه ما تسمى بالوعات تحجز الرواسب (شكل ١٥ - ١١ ، ١٥ - ١٢ ، ١٥ - ١٣ ، ١٤ - ١٥) .



بالوعات خرسانية - تجهيز البراسب

شكل رقم ١٥-١٢

شكل رقم ١٥-١١



بالوعات حديدية زهر - تجهيز البراسب

شكل رقم ١٥-١٤

شكل رقم ١٥-١٣

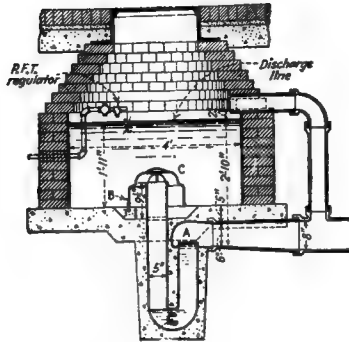
ويسمى أن الرواسب المتجمعة في قاع هذا النوع من البالوعات يجب أن تزال على فترات تتوقف على سرعة تجمع الرواسب في القاع - وهذا التنظيف أما يدوياً أو ميكانيكياً بشفط الرواسب بواسطة عربات مزودة بشفطات خاصة - وفي الحقيقة يعتبر البعض ذلك عيباً في هذا النوع ، إذ يرون أن لا مانع من مرور الرواسب إلى ماسورة الصرف ما دامت مصممة أصلاً بحيث لا تقل السرعة فيها عن السرعة المنظمة (self cleansing) كما سبق ذكره وبذلك لا خوف من انسدادها بسبب تجمع هذه الرواسب

وبالوعات من هذا النوع أما جاهزة التصنيع من الحديد الزهر أو تبنى في الموقع من الخرسانة أو المبنى مزودة بغطاء مصبغ - تمنع الأوراق والفضلات من الدخول إلى البالوعة - وتزود أحياناً بحاجز يزيد من ضمان حجز المواد الطافية مثل الورق والقش والفضلات التي قد تجد طريقها إلى داخل البالوعة

٤ - أحواض الدفق Flushing tanks

وهذا عبارة عن حوض مغطى يوضع تحت سطح الطريق في نهاية المواسير المعرضة لرسوب المواد العالقة إلى قاعها نتيجة ضعف السرعة التي تجري بها المخلفات السائلة في الماسورة . وهذا الضعف في السرعة ناتج من قلة التصريف الذي يمر في الماسورة أو ضعف انحدار الماسورة .

ويبنى الحوض على فرشة من الخرسانة من الطوب أو الخرسانة كذلك على أن تبطن الجدران والقاع بمونة الأسمنت والرمل سمك سنتيمتران مخلوطة بمادة عازلة لتجعل الحوض اصم ، ويفضل أن تغطي جدران الحوض من الخارج بطبقة من الأسفلت لنفس الغرض - أما سقف الحوض فهو من الخرسانة المسلحة بالتسليح الكافي لتحمل حركة المرور في الطريق أو عقد من المباني (شكل ١٥ - ١٥) .



شكل رقم ١٥-١٥

ويبنى الحوض بحيث يكون حجمه كافياً لاستيعاب قلراً من الماء يساوى حجم حوالى خمسين متراً طويلاً من الماسورة المتصل بها ويستمد هذا الحوض الماء من ماسورة مياه نظيفة عليها محبس يفتح فحة تسمح بملأ الحوض مرة في اليوم أو مرة كل اثني عشر ساعة . كما يعطى الجدول رقم (١٥ - ٣) السعة اللازمة لحوض الدفق كما توصى به بعض المواصفات ومنه يتضح تناسب سعة الحوض طردياً مع زيادة قطر الماسورة وعكسياً مع زيادة ميل الماسورة ونخرج المياه من حوض الدفق دفعة واحدة عن طريق سيفون مغطى بناقوس أو غطاء من الزهر - وطريقة عمل حوض الدفق كالآتي :

١ - في البداية يكون الماء عند المنسوب « A » في شقبي السيفون وفي نفس الوقت يكون الماء في الحوض تحت الحافة السفلى « B » للناقوس

جدول رقم (١٥ - ٣)

| ميل الماسورة | السعة اللازمة بالتر للقطار | | |
|--------------|----------------------------|-----|-----|
| | ٨ | ١٠ | ١٢ |
| ٥,٥ : ١٠٠٠ | ٣٥٠ | ٤٠٠ | ٤٥٠ |
| ٧,٥ : ١٠٠٠ | ٢٥٠ | ٣٠٠ | ٣٥٠ |
| ١ : ١٠٠ | ٢٠٠ | ٢٥٠ | ٣٠٠ |
| ٢ : ١٠٠ | ٩٠ | ١٣٠ | ١٥٠ |
| ٣ : ١٠٠ | ٧٥ | ٩٠ | ١٠٥ |

٢ - بارتفاع الماء في الحوض تغطي الحافة السفلى للناقوس بالماء ويرتفع الماء خارج الناقوس وكذلك داخل الناقوس - وهذا يسبب ضغطاً للهواء في داخل الناقوس مما يسبب انخفاض منسوب الماء في شعبة السيفون الأولى حتى النقطة D في أسفل شعبي السيفون .

٣ - أية زيادة بسيطة في منسوب الماء داخل حوض الدفق ستسبب هبوط في منسوب الماء في الشعبة الأولى مما يسبب هروب بعض الهواء المضغوط إلى الشعبة الثانية من شعب السيفون مما يسبب عدم توازن الضغوط داخل وخارج الناقوس فتندفع المياه بشدة تحت حافة الناقوس إلى السيفون ومنه إلى خارج حوض الدفق .

٤ - يستمر اندفاع الماء من تحت حافة الناقوس حتى تنكشف الحافة B فيدخل الهواء إلى الناقوس فيقف اندفاع الماء ويتوازن منسوب الماء في الشعبتين عند المنسوب ٨١ .

٥ - أجهزة قياس التصرف

Measuring of flow devices

وهذه الأجهزة عادة توضع في نهاية شبكة مواسير الصرف بالقرب من محطات الطامبات وذلك لغرض قياس التصرف الذي يصل إلى محطة الرفع كما قد توضع عند مخرج شبكة الصرف التي تستخدم منطقة معينة أو موقع خاص كصنع لتقدير كمية المخلفات التي تصل من هذه المنطقة أو المصنع .

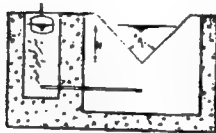
وأهم الأجهزة المستعملة لهذا الغرض هي :

أ - هدار مثلث قائم الزاوية حاد الجوانب (شكل ١٥ - ١٦).

90° Sharp Edge "V" notch

ويمكن حساب التصرف المار على هذا الهدار من المعادلة :

$$Q = Cd \sqrt[5]{\frac{8}{15}} \sqrt{\tan \frac{\theta}{2}} H^{5/2}$$



هدار مثلث لقياس التصرف

شكل ١٥ - ١٦

حيث Q = التصريف بالمتر^٣/ثانية .

g = عجلة الجاذبية الأرضية = ٩.٨١ متر/ثانية^٢ .

⊕ = زاوية الهدار وتساوى في هذه الحالة ٩٠°

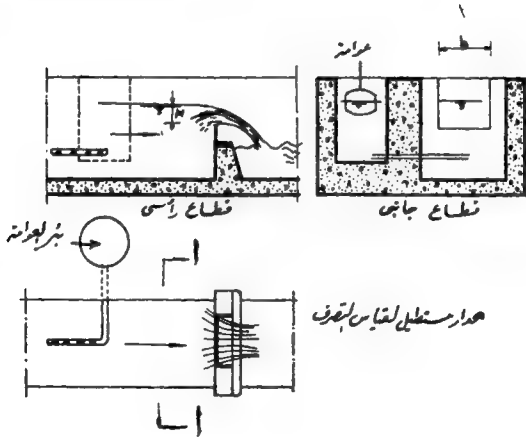
وبذلك يكون $\tan \frac{\oplus}{2} = ١$ واحد .

H = ارتفاع منسوب الماء أمام الهدار عن منسوب رأس مثلث الهدار .

C_d = معامل التصريف ويساوى ٠.٦٠

ب - هدار مستطيل بخافة حادة (شكل ١٥ - ١٧) .

(Sharp Edge rectangular weir)



شكل رقم ١٥ - ١٧

ويمكن قياس التصريف الماء على هذا الهدار من المعادلة .

$$Q = C^{3/2} (B - 0.1H) \sqrt{2g} H^{3/2}$$

حيث Q = التصريف بالمتر^٣/ثانية .

$$Cd = \text{معامل التصريف ويساوى } ٠,٦٧٣$$

$$B = \text{عرض الهدار .}$$

$$g = \text{العجلة الجاذبية الأرضية وتساوى}$$

$$٠,٩٨١ \text{ متر/ثانية}^2 \text{ .}$$

$$H = \text{ارتفاع منسوب الماء أمام الهدار عن منسوب حافة الهدار:}$$

على أنه يجب مراعاة الآتي عند استعمال كل من هذين الهدارين لقياس التصريفات :

١ - أن يقاس منسوب الماء أمام الهدار على بعد من الهدار يساوى على الأقل أربعة أمتار عمق الماء فوق الهدار .

٢ - أن يقلل اضطراب الماء ما أمكن بالقرب من الهدار يجعل جدرا المجرى أملساً ومنظماً .

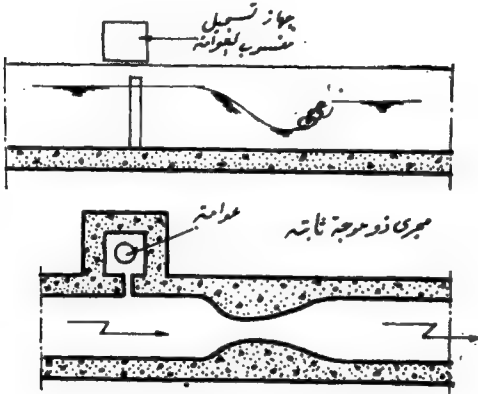
٣ - أن يكون منسوب الماء خلف الهدار أوطى من منسوب الهدار بما لا يقل عن ١٥ خمسة عشر سنتيمترا وذلك ضماناً لعدم احتمال تعمير الهدار بالماء .

ويعتبر هذا أحد عيوب استعمال هذه الهدارات لما في خفض منسوب الماء خلف الهدار من زيادة في عامود الرفع على محطة الضخ.

كما يعيب هذين النوعين من الهدارات إعتراض الهدار لممر الرواسب التي تحويها المخالفات السائلة مما يحد من استعمالها في قياس تصرفات المخلفات السائلة الخلام ويجعلها مفضلة لقياس التصريفات المخالفات السائلة المعالجة .

ج - المجرى ذات الموجة الثابتة (شكل ١٥ - ١٨) :

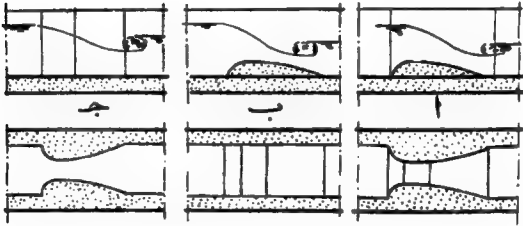
(Standing wave flume)



شكل رقم ١٥ - ١٨

وهي مجرى تشكل في القناة الحاملة للمخلفات السائلة بحيث يضيق القطاع المائي فيها مما ينتج عنه زيادة في السرعة عند المضيق إلى الدرجة التي يسبب انخفاض منسوب الماء في المضيق حتى العمق الحرج (Critical depth) وعند خروج الماء من المضيق تتكون موجة ثابتة (Standing wave) - ويتميز هذا النوع من أجهزة القياس بإمكان قياس التصرف بمعرفة ارتفاع الماء أمام المضيق فقط .

ويتكون هذا المضيق في المجرى المائى تدريجياً بتخليق صنم في المجرى (شكل ١٥ - ١٩ ب) أو بتضييق عرض المجرى^١ (شكل ١٥ - ١٩ ج) أو بتخليق صنم في قاع المجرى مع تضيق في العرض (شكل ١٥ - ١٩ أ) إلا أنه في جميع الحالات لابد من تواجد الموجة الثابتة خلف المضيق - وفي قياسات المخلفات السائلة يفضل النوع الثانى المبين في شكل (١٥ - ١٩ ج) إذ أن تخليق الصنم في قاع المجرى يعترض سير المواد العالقة بالماء - ولهذا تسمى لى المجرى ذات الصنم (شكل ١٥ - ١٩ أ، ب) في قياس تصرف المخلفات السائلة بعد معالجتها إذا أريد ذلك - وعند إنشاء مثل هذا المجرى للقياس يراعى الآتى :



أنواع المجرى ذو الموجة الثابتة

شكل رقم ١٥ - ١٩

- ١ - أن لا يزيد عرض المضيق عن ارتفاع الماء أمام المضيق :
- ٢ - طول المضيق يساوى ضعف عرضه.
- ٣ - نصف قطر منحنى المدخل أمام المضيق يساوى مرتين ونصف عرض المضيق .

- ٤ - انقراج الجوانب يكون بنسبة ٦ : ١
- ٥ - منسوب القاع خلف المضيق أقل من منسوب القاع أمامه بحوالى بوصة .
- ٦ - نقطة قياس ارتفاع الماء أمام المضيق تكون على مسافة من المضيق لا تقل عن أربعة أضعاف عرض المضيق :
- ٧ - أن يكون المجرى المائى أمام المضيق منتظم القطاع ومستقيم بمسافة لا تقل عن ثمانية أمثال عرض المضيق .
- ويقاس التصرف فى هذه الحالة بالمعادلة :

$$Q = 2.09 B H^{3/2} \quad \text{(المقاسات بالقدم)}$$

$$Q = 1.86 B H^{3/2} \quad \text{(المقاسات بالمتر)}$$

$$\text{حيث : } Q = \text{التصرف فى الثانية}$$

$$B = \text{عرض المضيق}$$

$$H = \text{ارتفاع الماء أمام المضيق}$$

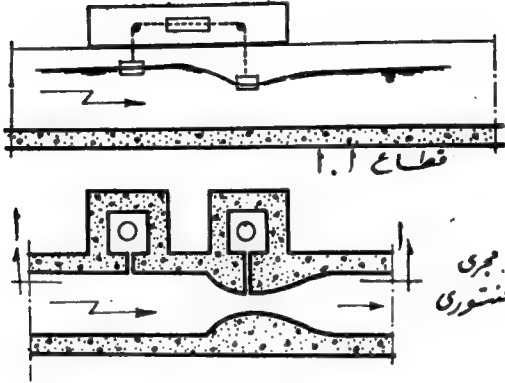
د - مجرى فنتورى (Ventruri flume) (شكل ١٥ - ٢٠) :

وهو مشابه للمجرى السابق وصفه إلا أن الموجة الثابتة لا تتكون فى هذه الحالة مما يوجب قياس منسوب الماء أمام المضيق وفى المضيق نفسه .
ويقاس التصرف فى هذه الحالة بالمعادلة :

$$Q = C_d b h \sqrt{2g (H - h)} \sqrt{\frac{1}{1 - m}}$$

$$\text{حيث } Q = \text{التصرف}$$

$$C_d = \text{معامل التصرف}$$



شكل رقم ١٥ - ٢٠

b = عرض المضيّق

h = ارتفاع الماء في المضيّق

g = عجلة الجاذبية الأرضية

H = ارتفاع الماء أمام المضيّق

m = النسبة $\frac{a}{A}$

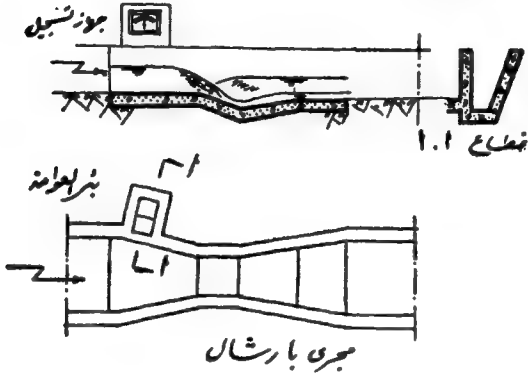
a = مساحة القطاع المائي في المضيّق

A = مساحة القطاع المائي أمام المضيّق

٨ - مجرى بارشال (Parshall flume) (شكل ١٥ - ٢١) :

وهي مجرى ذات موجة ثابتة أول من بناها (R.L. Parshall) وفيها ينحدر القاع عند المضيّق ثم يرتفع ثانية (شكل ٢٠٣) مما يساعد على

تخليق الموجة الثابتة . ويقاس التصرف في هذه الحالة بالمعادلة الافتراضية
(Imperial rule) الآتية :



شكل رقم ١٥ - ٢١

$$Q = 4 b H^{1.522} b^{0.026}$$

$$= 3.75 H^{1.6}$$

حيث Q = التصرف بالقدم مكعب/ثانية

b = عرض المضيق

H = ارتفاع الماء أمام المضيق

والمعادلة الأولى تستعمل للتصرفات الكبيرة التي تزيد عن ٦٠ قدم^٣ ثانية

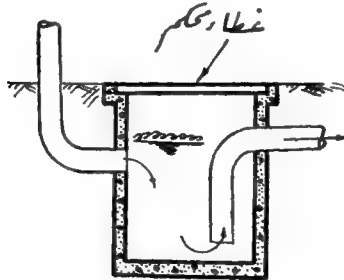
بينما تستعمل المعادلة الثانية في التصرفات التي تقل عن ذلك .

٦ - أحواض حجز الزيوت والدهون

وهذه تستعمل عندما نحوى المخالفات السائلة كمية عالية نسبياً من الزيوت والمواد الدهنية والفرص منها هو حجز هذه المواد قبل دخولها إلى مواسير الصرف حتى لا تلتصق بجدران هذه المواسير فتسبب ضيقاً في قطاعها .

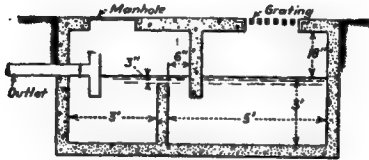
وهذه تنشأ عادة عند مخارج المخالفات السائلة من المطاعم والفنادق الكبيرة ومحطات خدمة وتشحيم السيارات وكذلك المصانع التي تستعمل فيها كميات كبيرة من الزيوت والمواد الدهنية .

وهي عبارة كما في شكل ١٥ - ٢٢ عن أحواض مصممة تدخلها المخلفات على أن تخرج منها على منسوب أوطى من سطح المخلفات في الحوض ولما كانت الزيوت تطفو على سطح المخلفات فإنها لا تخرج مع المخلفات إلى ماسورة المخرج ، كما يجب إزالة ما تجمع من زيوت كل فترة .



غرفة حجز الزيوت

كما أنه في حالة تواجد كمية كبيرة من الرمال في المخالفات السائلة مع تواجد الزيوت - كما هو الحال في محطات خدمة السيارات - يستحسن أن يقسم الخوض إلى قسمين (شكل ١٥ - ٢٣) الأول لحجز الرمال والزيوت على التوالي .



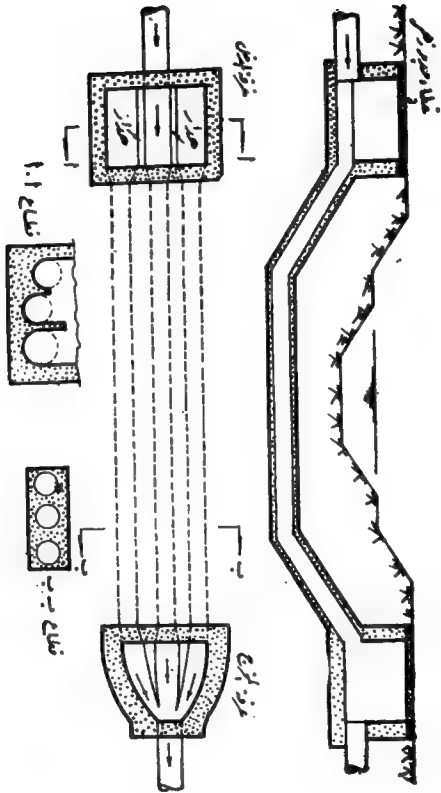
شكل رقم ١٥ - ٢٣

٧ - السيفون المقلوب Inverted Siphon

يستعمل السيفون المقلوب في مواسير الصرف عند اعتراض عوائق ، مثل ترعة أو نفق أو منخفض لسير هذه المواسير والسيفون المقلوب (كما في شكل ١٥ - ٢٤) يبتله بحجرة مدخل مخرج منه ماسورة أو أكثر لتسير تحت العائق حتى حجرة المخرج في نهاية السيفون - ويراعى الآتي في السيفونات المقلوبة :

١ - ألا تقل السرعة في مواسير السيفون عن ٠,٩٠ / الثانية ضماناً لعدم ترسيب أى مواد صلبة عالقة .

٢ - يحسن أن يكون السيفون عبارة عن ثلاثة مواسير متوازية - تحمل الماسورة الوسطى أدنى تهـبـ - فإذا زاد التصرف عن ذلك بفيض الزائد على هيار في حجرة المدخل ليسير في الماسورة الثانية وتصميم الماسورتين



شکل رقم ۱۵-۲۴

بحيث يكونان كافيتين مما لحمل أقصى تصرف جاف فإذا زاد التصرف عن ذلك بسبب المطر فاض الماء الزائد على هدار آخر أعلى من الهدار الأول ليسبر الماء الفائض في الماسورة الثالثة .

٣ - تزود حجرة المدخل بالهدارات السابق ذكرها :

٤ - تزود حجرة المدخل والمخرج بالبوابات اللازمة لحجز الماء عن أى ماسورة لأى اصلاح أو تنظيف .

٨ - منظمات التصرف Regulators

وهي أجهزة الغرض منها تنظيم سير المخلفات السائلة في المواسير الكبيرة في شبكات الصرف وتحويل سيرها كلها أو بعضها من ماسورة إلى أخرى إذا زاد كمياتها عن مقادير تفوق محطة الطامبات أو محطة التنقية أو تسبب زيادة في التلوث في موضع التخلص من المخلفات ، ومن أمثلة هذه الأجهزة :

أ - الهدارات الجانبية (Side wiers) (شكل ١٥ - ٢٥) :

وهي فتحات في جانب الماسورة على منسوب وطول يقدران حسابياً بأحد المعادلات الاقتراحية الآتية . بحيث إذا زاد ارتفاع المياه في الماسورة الرئيسية عن منسوب معين فإن ما زاد من المياه يمر فوق الهدار ليصل إلى ماسورة أخرى تؤدي به إلى موقع آخر للتنقية أو التخلص

$$Q = \frac{L V}{1.67} \left(\frac{1}{\sqrt{H_2}} - \frac{1}{\sqrt{H_1}} \right) \quad (1)$$

$$Q = 3.32 L^{0.83} H_2^{1.67} \quad (2)$$

$$L = 2.3 V d \log_{10} \left(\frac{H_1}{H_2} \right) \quad (3)$$

حيث : Q = التصريف فوق الهدار قدم ٣/ثانية

L = طول الهدار بالقدم .

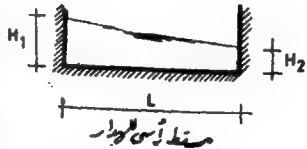
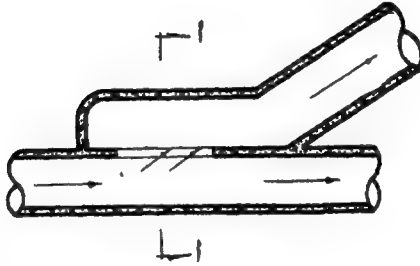
V = سرعة المياه في الماسورة الرئيسية (قدم ثانية)

قبل موقع الهدار مباشرة

H_1 = ارتفاع المياه فوق الهدار عند بدايته (شكل ١٥ - ٢٥) .

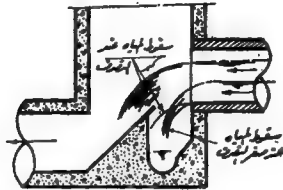
H_2 = ارتفاع المياه فوق الهدار عند نهايته .

d = قطر الماسورة الرئيسية .



شكل رقم ١٥ - ٢٥

ب - المهارات الفائزة Leaping wiers (شكل ١٥ - ٢٦)



مزارق انحراف

شكل رقم ١٥ - ٢٦

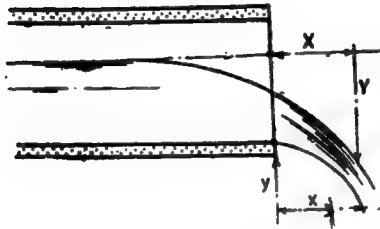
وهي فتحة في قاع الماسورة الرئيسية باتساع وشكل خاص بحيث تسقط فيها المياه حتى تصرف معين ، فإذا زادت المياه عن هذا التصريف كانت سرعتها العالية سبباً في أن تندفع المياه لتعبر كمية كبيرة منها أو كلها هذه الفتحة لتصل إلى ماسورة مساعدة تؤدي بها إلى موقع آخر للتبعية أو للتخلص مباشرة (شكل ١٥ - ٢٦) .

وتوقف كمية المياه التي تسقط في الفتحة أو تعبرها على العوامل الآتية :
اتساع الفتحة ، منسوب بداية الفتحة ومنسوب نهايتها وسرعة الماء في الماسورة الرئيسية عند الاقتراب من الفتحة - والمعادلات الآتية تبين معادلة السطح العلوى والسطح السفلى للماء عند سقوطه فوق المهدار (شكل ١٥ - ٢٧) .

$$X = 0.53 V^{3/2} + Y^{4/7}$$

$$x = 0.30 V^{4/7} + y^{3/4}$$

حيث V = سرعة الماء عند اقترابه من المهدار



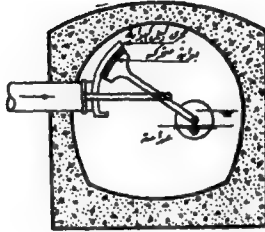
شكل رقم ١٥ - ٢٧

كما في شكل ١٥ - ٢٧ y, x, y, x

ويميب هذا النوع من المبادرات احتمال ترسيب الرمال في الماسورة المساعدة عند توقف المياه عن الوصول إليها - وكذلك احتمال وصول المياه كلها إلى الماسورة المساعدة عند زيادة كبيرة في سرعة المياه مما يسبب تهوق وصول المياه إلى الماسورة الرئيسية ومن ثم إلى محطة التنقية أو موقع التخلص الرئيسي .

ج - صمامات عوامة Float Valve

والغرض منها منع ارتداد الماء من المجمعات الرئيسية إلى أنابيب الفرعية عند ارتفاع منسوب الماء في هذه المجمعات عن منسوب المواسير الفرعية (شكل ١٥ - ٢٨) .



صمام حركة - يمنع ارتداد البندولات بسبب
من يمنع الرجوع إلى البندول البندولية

شكل رقم ١٥ - ٢٨

ويجب هذه الصمامات احتمال توقف العوامة من الحركة بسبب أى
خلل فيها أو اعاقا المواد العالقة فى الماء لحركة البوابة بسبب دخولها فى
مجرى حركتها .

الباب السادس عشر

محطات الطلمبات والمواسير الصاعدة

Pumping Stations & Rising Mains

بحسب الأوامر لرفع المخلفات السائلة بواسطة أنواع مختلفة من الطلمبات في الأحوال الآتية :

١ - عند وجود أدوار سفاية في المنزل (بدروم) منسوب دورات المياه فيها أوطى من منسوب ماسورة الصرف الصحي في الطريق المجاور - في هذه الحالة يلزم استعمال طلمبة صغيرة خاصة لرفع المخلفات إلى منسوب شبكة الصرف .

٢ - إذا لزم الأمر نقل المخلفات السائلة عبر مرتفع أو تل يعترض طريق ماسورة الصرف مع ارتفاع تكاليف انشاء نفق في هذا التل لوضع الماسورة فيه .

٣ - إذا لزم صب المخلفات في البحر وكان منسوب نهاية المجمع الرئيسي عند موقع المصب أوطى من منسوب الماء في البحر - في هذه الحالة يلزم انشاء محطة طلمبات ترفع الماء من المجمع وتدفعه في ماسورة ممتدة إلى داخل البحر .

٤ - تستعمل محطة الطلمبات كذلك لرفع مياه المجارى من المجمع الرئيسي الموجود في باطن الأرض إلى أعمال معالجة المخلفات السائلة الموجود فوق سطح الأرض .

٥ - نظراً لأن مواسير شبكة الصرف يجب أن توضع بانحدار يسمح بجريان الماء فيها بالانحدار الطبيعي وبسرعة كافية لمنع المواد العالقة من الرسوب في قاع المواسير ، فإننا نجد أنه في البلاد المسطحة يزيد عمق الماسورة كلما زاد طولها الأمر الذي يرفع التكاليف الانشائية .

لذلك فإنه يتحتم تقسيم المدينة إلى مناطق متعددة تخدم كل منطقة شبكة صرف خاصة تنتهى إلى محطة رفع خاصة بالمنطقة هذه المحطة تقوم برفع المخلفات السائلة إلى مواسير أعلى أو إلى مجمع رئيسى وهذا النوع من

محطات الطامبات تسمى محطات الرفع (Lift Pump) إذ أنها ترفع المياه من منسوب واطى إلى منسوب على دون أن تضغطه في مواسير طبررد طويلة - وذلك لتمييزها من محطات الضغط التي ترفع المخلفات السائلة من المجمعات الرئيسية وتضغطها في مواسير طرد طويلة تصل إلى محطات التنقية .

انواع الطلمبات المستعملة :

١ - الطلمبات الماصة الكابسة (Reciprocating or Plunger pump)

وطلمبات ماصة كابسة مزدوجة (Double displacement pump)

وقد سبق الحديث عن هذه الأنواع إجمالاً إلا أنه عند استعمال هذه الطلمبات في رفع المخلفات السائلة يجب مراعاة الآتى :

أ - ألا يزيد فرق المنسوب بين المخلفات المراد سحبها وموقع الطلمبات عن ٦ متر ويفضل ٤ أو ٣ متر

ب - يجب حجز جميع المواد الطافية والصلبة التي لا تمر في صمامات اسطوانة الطلمبة .

ج - يفضل استعمال هذه الطلمبات لرفع المخلفات السائلة مسافات طويلة ولضغوط عالية تصل إلى ثلاثين متراً أو أكثر .

٢ - الطلمبات الطاردة المركزية (Centrifugal pumps) :

وهذه أكثر أنواع الطلمبات استعمالاً في الوقت الحالى لرفع المخلفات السائلة وهي مكونة من مروحة بأسلحة منحنية تدور بقوة محرك كهربائى في غلاف دائرى تدخل فيه الماء من المركز وتخرج من المحيط ويمكن تقسيم هذه الطلمبات إلى نوعين :

طلمبات توربين (Turbine pump) وهى أحسن ما تستعمل عند رفع
تصرفات صغيرة لارتفاعات كبيرة .

طلمبات ذات غلاف دائرى (Volute centrifugal pumps)
الطلمبات الطاردة المركزية مناسبة لرفع المخلفات السائلة طالما توافرت فيه
الشروط الآتية :

١ - المروحة مزودة بإسلاحين فقط وبذلك تتسع المسافة بين الأسلحة
للدرجة التى تسمح بمرور المواد العالقة بينهما :

٢ - تزود ماسورة السحب بإب يمكن فتحه لتنظيفها من المواد التى
تتجمت فيها ولم تلتخل الطلمبات .

٣ - تدخل المخلفات السائلة فى مركز الغلاف من جانب واحد ، بينما
يمكن إزالة الوجه المغطى للجانب الآخر لتنظيف المروحة الدوارة وما
فيها من أسلحة .

٤ - يختار حجم الطلمبة بحيث يكون أكبر مرة ونصف من حجم المواد
الصلبة المحتمل أن تكون ضمن محتويات المخلفات السائلة . (فمثلا طلمبة ٣
تسمح بمرور مواد صلبة حجم ٢ وطلمبة ٦ تسمح بمرور مواد صلبة
حجم ٤ وهكذا) .

٤ - طلمبات ذات تصرف محورى (Axial flow pump) :

وهى عبارة عن مروحة بأسلحة ملتوية تدور فى محور الماسورة عند
انحناء فيها يسمح بخروج محور المروحة ليتصل بالقوة المحركة والطلمبة من
هذا النوع تصنع لرفع كميات كبيرة (ما لا يقل ٦٠٠٠ متر^٣ يوميا) ولكن
لارتفاعات صغيرة ، مما يقصر استعمالها فى عمليات المخلفات السائلة على إعادة
دوره تصرف وحدات المعالجة (Recirculation) .

الشروط الواجب توافرها في وحدات الطلبات :

ويشترط في عدد وتصرف وحدات الرفع التي توضع في محطة الطلبات الكبيرة توفر الشروط الآتية :

١ - عدد الطلبات يجب ألا يقل عن ثلاثة وحدات على أن تكون الطلبات قادرة على رفع أقصى تصرف يصل إلى محطة الطلبات بالرغم من تعطل أكبر وحدة في المحطة مع العلم بأن أقصى تصرف يتراوح بين مرة ونصف إلى ضعف التصرف المتوسط .

٢ - أن يتناسب تصرف الوحدات المختلفة مع التغير والذبذبة المحتمل حدوثها في التصرف الذي يصل إلى محطة الطلبات مما يضمن مرونة التشغيل .

مثال :

المطلوب رفع ١٢٠٠٠٠ متر مكعب يومياً من المخلفات السائلة ، فكم عدد الوحدات الواجب استعمالها وما تصرف كل وحدة .

الحل :

بما أن التصرف المتوسط ١٢٠٠٠٠ متر مكعب يومياً ، فيكون أقصى تصرف قد يصل إلى المحطة هو ٢٠٠٠٠٠ متر مكعب يومياً .

وفي هذه الحالة يمكن اختبار خمسة وحدات كالآتي :

| عدد | تصرف للوحدة | التصرف الكلي |
|-----|------------------------------|------------------------------|
| ٢ | ٤٠٠٠٠ متر ^٣ /يوم | ٨٠٠٠٠ متر ^٣ /يوم |
| ٢ | ٦٠٠٠٠ متر ^٣ /يوم | ١٢٠٠٠٠ متر ^٣ /يوم |
| ١ | ١٢٠٠٠٠ متر ^٣ /يوم | ١٢٠٠٠٠ متر ^٣ /يوم |

وبهذا نجد أنه عند توقف أكبر وحدة فإنه في إمكان بقية الوحدات رفع ٢٠٠٠٠٠ متر^٣/يوم وهو ما يعادل أقصى تصرف يصل إلى المحطة . كما أن هذا الشرط لا يزال محققاً عند توقف الوحدات المتوسطتين —

نما أن في تواجد أربعة طلمبات ذات تصرف صغير نسبياً ما يضمن مرونة التشغيل أى إيقاف أو إدارة المدد اللازم من الوحدات تبعاً لتغير التصرف الذى يصل إلى محطة الطلمبات .

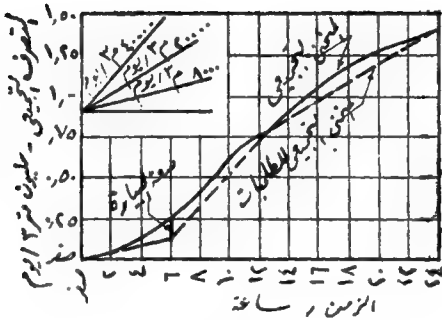
محطات الطلمبات Pumping station

يتكون مبنى محطة الطلمبات من جزئين رئيسيين :

١ - البئر المستقبل للمخلفات السائلة Wet well ويعمى بـ **بئارة المحطة**

والغرض من البئارة هو تخزين مؤقت وفترة قصيرة للمخلفات السائلة التى ترد إلى محطة الطلمبات بحيث تعمل الطلمبات بانتظام قدر الإمكان وافترات كافية إذ تنص بعض المواصفات الميكانيكية على ألا تقل فترة تشغيل أو إيقاف الطلمبة (pump cycle) عن خمسة دقائق وذلك منعاً لاحتراق المحرك الكهربائى إذا تكرر إيقافه وتشغيله على فترات قصيرة إلا أنه يفضل أن تكون البئارة أصغر ما يمكن وذلك اقتصاداً للتكاليف الانشائية ، وكذلك لمنع بقاء المخلفات فى البئارة مدة طويلة يحدث فيها ترسيب للمواد العالقة إلى القاع حيث تبقى فيها لتتحلل ولينصاعد منها الروائح الكريهة ، ولذلك يجب ألا تزيد مدة بقاء المخلفات السائلة فى بئارة محطة الطلمبات عن عشرين دقيقة على الأكثر .

كما يمكن حساب حجم البئارة اللازمة لمحطة الطلمبات الرئيسية برسم المنحنى التجميعى للتصرفات الداخلة فى البئارة وكذلك المنحنى التجميعى لتصرف الطلمبات (شكل ١٦ - ١) وبديهي أن التصرف الكلى الداخلى إلى البئارة فى خلال أربعة وعشرين ساعة هو نفس التصرف الذى ترفعه الطلمبات خلال نفس الفترة إلا أن معدل الوارد إلى البئارة يختلف عن معدل الضخ منها - ولذلك فان أكبر فرق بين المنحنيين يمثل أكبر كمية



شكل ١٦ - ١

من اختلافات السائلة تجمعت في البيرة - وبذلك يمكن بتغيير المعدل التصميمي لتشغيل الطلمبات التحكم في حجم البيرة فتقل إلى الصفر تقريباً إذا تطابق المنحنيين التجميعيين .

ويقدر بعض المهندسون سرعة البيرة فيما بين منسوب أعلى وأعلى منسوب للمخلفات بما يتراوح بين ضعف إلى ثلاثة أمثال متوسط التصرف الداخل إلى البيرة في الدقيقة أي متوسط تصرف الطلمبات الموجودة في محطة الطلمبات في الدقيقة .

فإذا كان المطلوب إيجاد سعة البئارة اللازمة لمحطة طلبات ترفع يومياً ١٢٠٠٠٠ متر مكعب . فإن التصرف في الدقيقة يساوى .

$$١٢٠٠٠٠ \div ٢٤ \times ٦٠ = ٨٣ \text{ متر مكعب .}$$

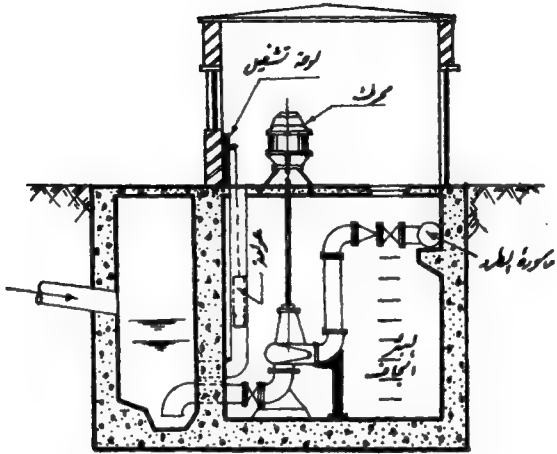
وبذلك يتراوح حجم البئارة في هذه الحالة ما بين ١٦٥ متر ٣ إلى ٢٥٠ متر ٣ .

كما يجب أن تزود البئارة بنظام ذو فتحة تشبه فتحة المطبق يمكن الدخول منها إلى البئارة لعمل أية اصلاحات ضرورية - كذلك تزود البئارة بفتحة للتهوية فيدخل أو يخرج الهواء مع ارتفاع وانخفاض منسوب المخلفات السائلة في البئارة بالاضافة إلى ازالة الروائح منها .

٢ - البئر الجاف Dry well

وهو المكان الذى توضع فيه الطلبات والمحركات ومعدات التحكم في التشغيل وفي معظم محطات الطلبات الكبيرة يكون كل من البئر المستقبل للمخالفات والبئر الجاف تحت سطح الأرض على أن يقام مبنى للمحركات فوق البئر الجاف ومنه يمكن النزول إلى مكان الطلبات و (شكل ١٦ - ٢) وفي هذه الحالة لا بد أن يكون المبنى جميل المنظر المعارى - متسع من الداخل ليفي بالغرض من استعماله كما يحتوى على مكتب للمشرف على المحطة وورشة للاصلاحات البسيطة كما يجب أن يكون جيد الاضاءة . حسن التهوية والتدفئة إذا لزم الأمر .

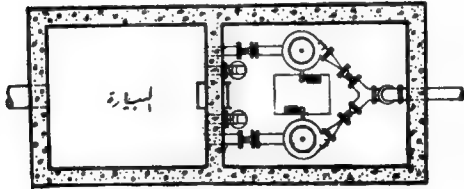
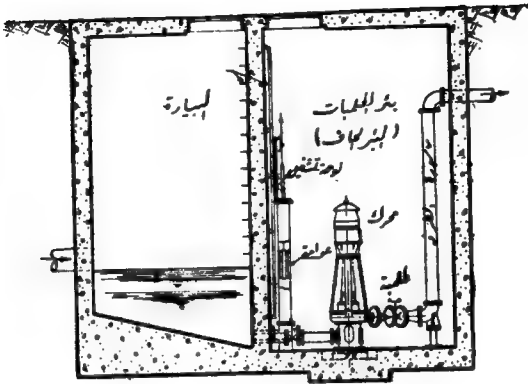
إلا أنه في محطات الطلبات الصغيرة يستغنى عن هذه المبنى وإذا توضع المحركات مع الطلبات تحت سطح الأرض - وفي هذه الحالة يزود



شكل رقم ١٦ - ٢

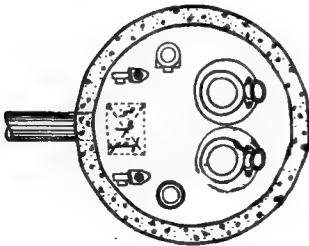
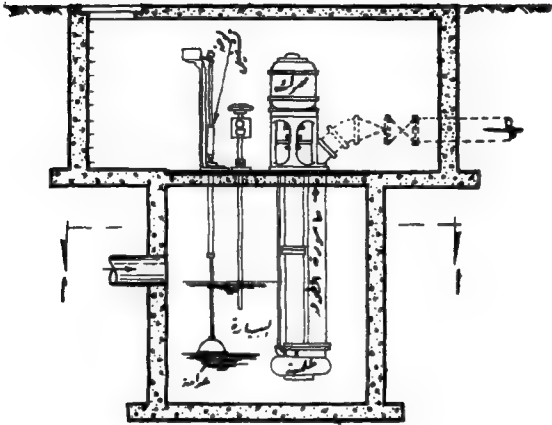
سقف البئر الحاف بفتحة تشبه المطابق للسحول منها إلى البئر الحاف
(شكل ١٦-٣).

وفي المحطات الصغيرة جداً يمكن إنشاء محطات الطلمبات تحت سطح الأرض بأكملها - على أن تقسم إلى جزئين : سفلى وعلوى - السفلى يستقل المخلفات كما توضع فيه الطلمبة لتكون مغمورة باستمرار في المخلفات السائلة - وتتصل بواسطة عمود إدارة رأسى بالمحرك الموجود في الجزء العلوى من الاسطوانة الذى يعتبر بمثابة البئر الحاف - ويزود سقف الجزء



شكل رقم ١٦ - ٣

العلوى بفتحة تشبه فتحة المطابق للدخول منها إلى البئر الحاف (شكل



سنگین ۱-۱

وضع الطلبات بالنسبة لمنسوب المخلفات السائلة في البئارة (wet well)

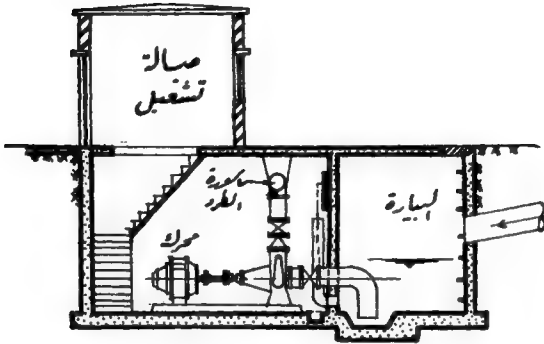
توضع وحدات الرفع في صف أو أكثر في البئر الحاف بحيث تكون المسافة الأفقية بين كل وحدتين كافية للاشراف على التشغيل والصيانة وكذلك لفلك أى وحدة وإصلاحها وإعادة تجميعها . أما بالنسبة لمنسوب المخلفات في البئارة فهناك أكثر من موقع :

١ - توضع الطلبات في منسوب أوطى من منسوب المخلفات بحيث يكون محور الدوران رأسى (Vertical Pump) وتتصل بعامود إدارة رأسى بالمحرك الموجود على منسوب أعلى من منسوب المخلفات في البئارة . ويتميز هذا الوضع بعدم احتمال عطل المحرك نتيجة أى غمر بالمخلفات إذا ارتفع منسوبها فجأة . ويتبع هذا النظام في المحطات الصغيرة والمتوسطة التصرف (شكل ١٦ - ٢ ، ١٦ - ٣ - ٤) .

٢ - توضع الطلبات في منسوب أوطى من منسوب المخلفات بحيث يكون محور الدوران أفقى (Horizontal pump) وتتصل بعامود الإدارة الأفقى بالمحرك الموجود على نفس المنسوب (شكل ١٦ - ٥) ويتميز هذا الوضع بسهولة التشغيل والصيانة إلا أن احتمال عطل المحرك نذية تسرب الماء إليه لوجوده في منسوب منخفض يوجب عمل الاحتياطات اللازمة من الناحية الانشائية لتلافى هذا .

٣ - توضع الطلبات التي تدور حول محور أفقى مع المحرك على منسوب أعلى من منسوب المخلفات في البئارة (شكل ١٦ - ٦ - ٧) وهذا النظام يتبع في محطات الطلبات الكبيرة - وفي هذه الحالة يشترط ألا يزيد ارتفاع منسوب الطلمبة عن أوطى منسوب المخلفات في البئارة عن أربعة أمتار .

وفي أى من هذه الحالات يجب أن يكون لكل طلمبة ماسورة سحب مستقلة - على أن تتصل مواسير الطرد لتكون عند المخرج من محطة الطلبات



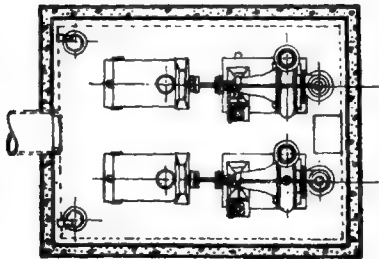
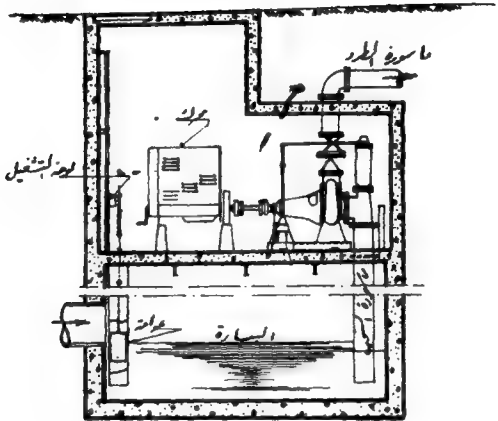
شكل رقم ١٦ - ٦

ماسورة واحدة وبحيث لا يقل قطر أى ماسورة عن أربع بوصات .

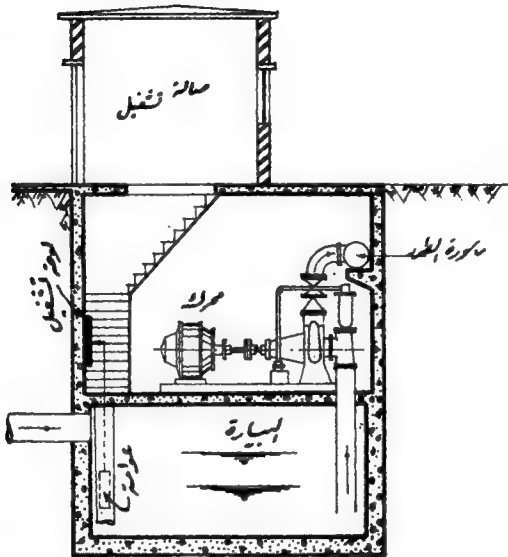
تشغيل محطات الطلمبات :

نظراً للتغير المستمر في معدل وصول المخلفات السائلة إلى بئارة محطة الطلمبات فإنه يفضل دائماً أن تعمل جميع الوحدات في المحطة آلياً بحيث يزيد تلقائياً عدد الوحدات الشغالة كلما زاد معدل وصول المخلفات السائلة ويقل عدد الوحدات الشغالة عند نقص معدل وصول المخلفات السائلة إلى البئارة ويتم التحكم الآلي في تشغيل وحدات محطة الطلمبات عن طريق عوامات تطفو على سطح المخلفات السائلة في مكان أمين بعيد عن الزيارات والدوامات الناتجة من اندفاع الماء من الماسورة إلى البئارة . وتتصل كل عوامة بمؤشر ومفتاح كهربائي لتشغيل إحدى الطلمبات .

هذه العوامات في حركة مستمرة في انخفاض وارتفاع مع منسوب المياه في



شكل رقم ١٦-٦



شكل رقم ١٦ - ٧

البئارة . ولكل عوامة منسوب خاص إذا وصلت إليه أثناء ارتفاعها حدث اتصال كهربائي في المفتاح الخاص بها فيتم تشغيل إحدى الطلمبات . فإذا استمرت المياه في الارتفاع حتى منسوب آخر تم تشغيل طلمبة أخرى عن طريق عوامة أخرى ... وهكذا حتى يصبح معدل تشغيل الطلمبات

أكبر من معدل دخول المخلفات السائلة إلى البيارة فيأخذ المنسوب في الانخفاض . فإذا وصلت كل عوامة إلى المنسوب الذى بدأ تشغيل طلبتها عنده انقطع التيار الكهربائى عن المفتاح وتوقفت الطلمبة .

الاجزء الاضافية اللازمة فى محطة الطلمبات :

يجب أن تزود كل طلمبة بالمعدات الآتية :

- ١ — مقياس ضغط على كل من ماسورتى السحب والطرود .
- ٢ — جهاز لقياس تصرف الطلمبة .
- ٣ — صمام حـز على كل من ماسورتى السحب والطرود .
- ٤ — صمام مرتد على ماسورة الطرد بعد الطلمبة مباشرة أى بين انطلمبة وصمام الحجز الموجود على ماسورة الطرد .
- ٥ — صمام تفريغ الهواء فى أعلى ماسورة الطرد .
- ٦ — لوحة تشغيل (Switch board) لتشغيل انطلمبة تبعاً لحركة عوامة خاصة بها — فإذا ارتفع المنسوب فى البيارة اتصل التيار الكهربائى آلياً — وإذا انخفض المنسوب انقطع التيار الكهربائى آلياً كذلك .
- ٧ — كما يجب أن يزود البئر الحفاف بطلمبة صغيرة (Sump pump) وذلك لنزح ما قد يتسرب إلى البئر من مياه جوفيه — كما يزود البئر الحفاف بصنبور ماء لأغراض التنظيف .
- ٨ — وقبل المدخل إلى البيارة يجب أن تتركب عليه شبكة من القضبان لا تزيد المسافة بينها عن بوصتين لحجز المواد الطافية الكبيرة الحجم — على أن تنظف هذه الشبكة باستمرار .

القوى المحركة للطلّيمات :

أكثر القوى المحركة استعمالاً هي الكهرباء إلا أنه يجب أن يراعى اتصال المحرك بمصدرين من مصادر الكهرباء في المدينة حتى إذا توقف أحدهما أمكن الاعتماد على الآخر في الحصول على الكهرباء .

وفي حالة المحطات الرئيسية لمدينة أو المحطات الكبيرة نَحْسَن أن يكون هناك وحدة طلبات تدار بالديزل لاستعمالها عند انقطاع التيار الكهربائي عن المحطة . على أن تزود المحطة بآلات التنبيه اللازمة من أجراس أو أضواء حمراء لتنبيه المسئولين في المحطة عن حدوث أى عطل في المحركات أو ارتفاع مفاجئ للمنسوب في البحيرة .

الروافع الهوائية (Ejectors) :

يستعمل الرافع الهوائي لرفع الخلفات السائلة من المناطق المتعددة التي قسمت إليها المدينة لتصبها في مواسير عالية أو في مجمع رئيسي ينقل الخلفات إلى محطة الرفع الرئيسية .

والقوة المحركة للروافع الهوائية هو الهواء المضغوط الذي يصل إليها عن طريق شبكة من المواسير من محطة ضغط الهواء .

والأجزاء الرئيسية للروافع الهوائية كما في الشكل رقم ١٦ - أ :

أ - غلبة كروية أو اسطوانية من الزهر تتراوح سمها بين ١٠٠ ، ١٠٠٠ لتر .

ب - صمام مرتد على المدخل إلى الغلبة يسمح بدخول الخلفات إلى الغلبة ولا يسمح بخروجها .

ج - صمام مرتد إلى الخارج يسمح بخروج الخلفات منه ولا يسمح بدخولها منه .

و ، ل - عوامتان تتحركان إلى أعلى أو أسفل تبعاً لمنسوب المخلفات السائلة في أسطوانة الرافع .

م - صمام منزلق (Slide valve) متصل بالعوامة (و) بعامود يتحكم في حركته والغرض منه تحويل الهواء المضغوط بفتح الصمام (ص) لدخول الهواء إلى علبة الرافع أو بقفل الصمام (ص) ليخرج الهواء المضغوط من العلبة عن طريق ماسورة العادم (ى) .

ص - صمام دخول وخروج الهواء المضغوط .

ط - ماسورة الهواء المضغوط .

ى - ماسورة العادم لخروج الهواء المضغوط من الرافع .

طريقة عمل الرافع :

١ - تدخل المخلفات السائلة إلى علبة الرافع ماره بالصمام (ب) ، (د) فيرتفع منسوب الماء في العلبة وترتفع معه كل من العوامتين (و) . (ل)

٢ - نتيجة لارتفاع العوامة (و) يتحرك الصمام (م) من جهة إلى أخرى فيتحرك الصمام (ص) ليسمح بدخول الهواء إلى علبة الرافع من ماسورة الهواء المضغوط (ط) .

٣ - عند دخول الهواء المضغوط إلى العلبة يضغط على ما فيها من مخلفات سائلة لتخرج عن طريق الصمام المرتد (ج) مارة بصمام الحيز (هـ) وبذلك تخرج المخلفات إلى ماسورة الطرد .

٤ - عندما يتم تفريغ العلبة تهبط العوامتين (و) . (ل) فيتحرك الصمام (م) إلى الجهة المضاد لحركته السابقة . فيتحرك الصمام (ص) لوقف دخول الهواء المضغوط إلى علبة الرافع - ويفتح ماسورة العادم (ى) ليخرج منها الهواء الذى سبق ضغطه في العلبة وبذلك يصير الضغط داخل العلبة مساوياً للضغط الجوى .

٥ - يقفل الصمام المرتد (ج) بقوة ثقل الماء في ماسورة المخرج الرأسية ويفتح الصمام المرتد (ب) بنقل الماء الموجود في ماسورة المدخل - وهكذا تتكرر العملية وتستغرق دورة تشغيل علبة الرافع حوالى دقيقة أو دقيقتين

٦ - تقدر كمية الهواء اللازمة بخوالى نصف متر ٣ لكل متر ٣ من المخلفات يراد رفعه كما يلزم أن يكون ضغط الهواء ما بين ٢٠ - ٢٥ رطل / بوصة ٢ (١.٤ - ٢.٠ كياو حرام / سنتيمتر ٢) لحسن تشغيل الرافع بينما تتراوح سرعة الهواء في المواسير ٦ - ١٢ متر / ثانية .

وتبنى الروافع الهوائية بحيث يوجد عليتين في كل رافع تعملان بالتبادل أى يتم ملأ عليته في الوقت الذى تفرغ فيه الأخرى - وبذلك لا تتجمع المخلفات السائلة في مواسير المدخل وتوضع العلبتان في حجرة واحدة إما من الحديد الزهر أو الخرسانة المسلحة على أن تكون الحجرة بأكملها تحت سطح الأرض وبزود سقفها بالفتحات اللازمة للدخول للصيانة والإصلاح إذا لزم الأمر .

كما يفضل أن يبنى مطبق قبل الرافع مباشرة . تصب في هذا المطبق مواسير الصرف المختلفة لتخرج من المطبق ماسورة واحدة تتفرع إلى فرعين شكل فرع يؤدى إلى احدى علب الرافع .

كما يجب ملاحظة أن تمتد ماسورة الهواء العادم إلى موقع مرتفع عن المنازل المجاورة لمنع الشكاوى من الروائح الكريهة التى يحملها الهواء العادم نتيجة اتصاله بالمخلفات السائلة فترة ضغطها للمخلفات .

مزايا الروافع الهوائية

١ - سهولة الصيانة وذلك لاتساع مداخله ومخارجة ولبطء حركة أجزائه مما يقلل من تآكلها عند احتكاكها بعضها .

- ٢ - قلة الحاجة إلى اشراف فني ، إذ يحتاج الأمر إلى زيادة الرافع مرة واحدة يومياً لتسجيل تصرفه ومرة أسبوعياً للكشف عليه وصيانتة .
- ٣ - لا يحتاج الرافع الهوائي إلى مصافي لحجز المواد الطافية وذلك لانساع مداخله ومخارجه .
- ٤ - عند تعطل احدى علب الرافع يمكن للعبة الأخرى العمل وحدها حتى يتم اصلاح الأخرى .
- ٥ - أطول عمرا من الطلبات الأخرى .
- ٦ - لا تهبط جودة التشغيل مع قدم الرافع .
- ٧ - يتحمل الزيادات المفاجأة في التصرف دون هبوط في جودة التشغيل .

ميوب الروافع الهوائية

- ١ - ضرورة انشاء محطة ضغط الهواء وشبكة مواسير خاصة لتوزيع الهواء المضغوط على الروافع المختلفة مما يزيد من التكاليف الابتدائية للمشروع .
- ٢ - قلة جودة الرفع بالهواء المضغوط الذي يصل إلى ٢٠ ٪ أو ٣٠ ٪ فقط .
- ٣ - أي تغير في ضغط الهواء الخارج من محطة ضغطه يضعف من جودة الرافع .
- ٤ - الحاجة إلى صيانة مستمرة لشبكة مواسير توزيع الهواء المضغوط .
- ٥ - رائحة الهواء العادم الخارج من الرافع تؤثر في المقيدين بالقرب من الرافع مما يوجب رفع ماسورة العادم على حائط مجاور للرافع حتى نقطة أعلى من أي مسكن في المنطقة المجاورة .

- ٥ - تتوقف جميع الروافع في المدينة إذا توقفت محطة ضغط الهواء لأي سبب .
- ٦ - زيادة ضغط الهواء في الروافع القريبة من محطة ضغط الهواء وضعفه في الروافع البعيدة .

للمواسير المتحمة Sealed Sewage pipes

للمواسير الصاعدة Rising Mains

يطلق اسم المواسير المتحمة على مواسير الطرد التي تخرج إما من الروافع الهوائية أو من محطات الطلمبات الكهربائية لتصب المخلفات في المجمعات الرئيسية التي تنقلها إلى محطات الرفع الرئيسية .

ويطلق اسم المواسير الصاعدة على الماسورة التي تخرج من محطة الطلمبات الرئيسية لتحمل المخلفات تحت ضغط وتصبها في أعمال المعالجة التي تكون عادة على سطح الأرض - ولذلك سميت بالماسورة الصاعدة إذ أنها تصعد بالمخلفات من منسوب تحت سطح الأرض إلى منسوب فوق سطح الأرض .

وكل من المواسير المتحمة أو الصاعدة تكون عادة من الزهر للأقطار الصغيرة حتى ٢٤ بوصة ومن الصلب للأقطار أكبر من ٤٨ بوصة - أما المواسير يقطر بين ٢٤ : ٤٨ فتن الحديد الزهر أو الصلب .

وتتراوح السرعة في كل من المواسير المتحمة والمواسير الصاعدة ما بين ٧٥ ، ١٥٠ سم/ثانية حتى لا يحدث ترسيب نتيجة للسرعات المنخفضة أو تآكل نتيجة السرعات الكبيرة نسبياً .

وعند تصميم المواسير المتحمة والصاعدة وتنفيذها يجب تزويدها بالصمامات الآتية :

١ - صمام تفريغ الهواء Air relief valve :

ويوضع في الأماكن المرتفعة على طول المواسير الصاعدة - ويعمل آلياً لتصريف الهواء الذي قد يتجمع في هذه الأماكن .

٢ - صمام تصريف الرواسب Scour valve :

ويوجد في الأماكن المنخفضة على القطاع الطولى ويفتح يدوياً لصرف الرواسب التي قد تتجمع في الماسورة أو تفريغ الماسورة عند الطوارئ إلى أقرب مطبق .

٣ - صمام تفريغ الهواء - يعمل يدوياً -

ويوضع في الأماكن المرتفعة من الماسورة الملتحمة على أن يفتح على فترات ثم يقفل لتصريف الهواء من الماسورة .

الباب السابع عشر

مكونات وخصائص المخلفات السائلة

Composition & Characteristics of Sewage

تتكون المخلفات السائلة ، كما سبق ذكره ، من المياه المستعملة في المنازل المتخلقة من الحمامات والمطابخ والغسيل . والمخلفات الصناعية الناتجة من الاستعمالات المختلفة للماء في الصناعة ومياه الأمطار ومياه غسيل الشوارع ومياه الرشح - وبديهي أن مكونات المخلفات السائلة ، أى ما تحويه هذه المخلفات ، تتغير من وقت لآخر على مدار السنة والشهر واليوم أسوة بتغير كمياتها كما ذكر قبلا . إلا أنه يمكن القول أن في المتوسط يتكون الخليط من المخلفات السابق ذكرها من ٩٩.٩ ٪ ماء و ٠.١ ٪ مواد صلبة سواء كانت عالقة أم ذائبة .

العوامل التى تؤثر على محتويات عينه من المخلفات السائلة :

١ - عمر المخلفات السائلة Age of Sewage

أى الوقت الذى مضى منذ صبهها في شبكة الصرف ووقت أخذ العينة . فالمخلفات السائلة في بدء جريانها في شبكة الصرف تكون ذات لون مائل إلى اللون الرمادى (grayish) مع وجود مواد برازية وزيوت وشحوم وأوراق ومخلفات الخضروات طافية على السطح - بينما تكون رائحتها نفاذه ألا أنها غير ضارة أو كريهة .

وبعضى الوقت وأثناء جريان هذه المخلفات السائلة في شبكة الصرف تنفث هذه المواد العالقة والطافية وتندمج مع بعضها مكونة سائل متجانس ذو عكارة عالية ولون أشد تركيزاً بينما تتصاعد منها روائح ضارة كريهة نتيجة لتحلل بعض المواد العضوية .

٢ - وقت جمع العينة Time of Collection

لما كانت كمية المياه المستعملة وكذلك الغرض من استعمالها يتغيران من وقت لآخر فمن البديهي أن محتويات العينة ودرجة تركيز هذه المحتويات

تختلف من وقت لآخر - فنجد أن أكثر العينات تركيزاً هي التي تؤخذ في الساعات الأولى في الصباح - بينما نجد أن أقل العينات تركيزاً هي التي تؤخذ في الساعات المتأخرة من الليل :

كما أنه تبعاً لنشاط الصناعة من موسم لآخر على مدار السنة فإن مكونات المخلفات ودرجة تركيز ما تحتويه من مواد عالقة أو ذائبة تتغير من موسم لآخر .

٣ - تعرض المخلفات السائلة للهواء :

Existence of air in contact with Sewage

تحتوى المخلفات عند بدء جريانها في شبكة الصرف على بعض الأكسجين الذائب الذي سرعان ما يستهلك في نشاط البكتيريا الهوائية (aerobic bacteria) التي توجد فيها . فإذا لم يتجدد هذا الأكسجين بتواجد المخلفات في اتصال دائم بالمسواء فإن البكتيريا الهوائية تموت وتنشط البكتيريا اللاهوائية (anaerobic bacteria) فينتج عن هذا تحليل لا هوائى (putrifaction) وتكتسب المخلفات لونا داكياً ذو رائحة عفنة (stale) ناتجة من تحليل المواد العضوية إلى نواشدر وكبريتور الهيدروجين وثانى أكسيد الكربون .. وذلك بفعل البكتيريا اللاهوائية .

وعلى النقيض من ذلك إذا تجدد الأكسجين في المخلفات بتواجدها في اتصال دائم بالهواء . فإن البكتيريا الهوائية تنشط مما ينتج عنه تحليل هوائى (oxidation) لا ينتج عنه روائح عفنة أو تركيز عالى في اللون .

٤ - درجة حرارة الخلفات Temperature of Sewage

ويظهر تأثير درجة الحرارة في زيادة نشاط البكتيريا سواء هوائية أو لا هوائية مع ارتفاع درجة الحرارة إلى درجة حرارة معينة تأخذ بعدها نشاط البكتيريا في الهبوط .

٥ - عوامل ميكانيكية Mechanical factors

وهذه مثل مرور المخلفات السائلة على هدارات أو في منحدرات .
محطات الطلمبات إذ أن مثل هذه العوامل تساعد على تفتت المواد العالقة الكبيرة الحجم نسبياً إلى مواد أصغر حجماً .

٦ - كمية المياه المستعملة في المدينة وكذلك محتويات هذه المياه وكمية ماء الترشيع وكمية مياه الطر

Quality & Quantity of city water, infiltration & rain water

فكميات هذه المياه تؤثر على درجة تركيز المواد الصلبة العالقة كانت أو الذائبة كما أن مياه الرشع بما قد تحتويه على ملاح ذائبة تؤثر على درجة تركيز المواد الصلبة في المختلقات .

المواد الصلبة الموجودة في الخلفات السائلة

Solid Matter in Sewage

إذا أخذنا عينة من المخلفات السائلة ووضعناها في فرن تجفيف لتبخير ما فيها من ماء أمكننا إيجاد كمية المواد الصلبة في العينة سواء كانت ذائبة أو عالقة - أما إذا رشعنا العينة قبل التجفيف ثم جففنا السائل الذي مر في ورقة الترشيع أمكننا إيجاد كمية المواد الصلبة الذائبة - وكذلك إذا جففنا ورقة الترشيع أمكننا إيجاد كمية المواد الصلبة العالقة .

والمواد العالقة يمكن تقسيمها إلى :

١ - مواد سهلة الترسيب (Readily Settleable) أي ترسب في وقت قصير وتقلر بحوالى ٥٠ ٪ من المواد العالقة .

٢ - مواد صعبة الترسيب أى تحتاج إلى وقت طويل لترسيبها ويقدر بحوالى ٥٠ ٪ من المواد العالقة .

وتتراوح نسبة المواد الصلبة الذائبة من $\frac{2}{3} < - \frac{3}{4}$ مجموع المواد الصلبة بينما تتراوح نسبة المواد الصلبة العالقة من $\frac{1}{4} < - \frac{1}{3}$ مجموع المواد الصلبة وفى عمليات معالجة المخلفات السائلة تحجز نسبة كبيرة من المواد العالقة بينما تمر نسبة كبيرة من المواد الذائبة فى كامل عماية المعالجة دون تغيير يذكر بينما يتغير قليل من المواد الذائبة بالأوكسدة .

المواد العضوية والغير عضوية فى المخلفات السائلة :

ويمكن تقسيم المواد الصلبة فى المخلفات بطريقة أخرى الى قسمين آخرين

١ - مواد عضوية (Organic matter) وتسمى أحياناً مواد طيارة أو غير ثابتة (volatile-unstable) نظراً لتطايرها عند التسخين لدرجة حرارة عالية .

٢ - مواد غير عضوية (inorganic matter) وتسمى أحياناً مواد معدنية أو ثابتة (mineral-stable) نظراً لثباتها وعدم تطايرها عند التسخين لدرجة حرارة عالية .

وتقدر نسبة كل من المواد العضوية والمواد غير العضوية الموجودة فى المخلفات السائلة بحوالى خمسين فى المائة (٥٠ ٪) من مجموع المواد الصلبة .

المواد العضوية فى المخلفات السائلة

أن كمية المواد العضوية فى المخلفات وكذلك تكوينها ومركباتها من الأهمية بمكان فى عمليات معالجة هذه المخلفات والتخلص منها نظراً لأن

تحلل هذه المواد هو المصدر الرئيسي للمغذيات في كل من عمليتي المبالحة والتخلص - والمركبات الرئيسية للمواد العضوية هي: الأزوت (Nitrogen) والكربون (Carbon) والأكسجين (Oxygen) والهيدروجين (Hydrogen) والكبريت (Sulphur) والفوسفور (Phosphorus) .

وتتعرض المواد العضوية إلى نوعين من التحلل :

التحلل اللاهوائي Putrifaction

وهو الذى يتم نتيجة لنشاط البكتيريا اللاهوائية في غياب الأكسجين وينتج عن هذا التحلل غازات النواذر (Amonia) الميثين (Methane) كبريتور الهيدروجين (Hydrogen anphide) ومعظم هذه الغازات ذات رائحة نفاذة كريهة وهو ما نلمسه نتيجة لهذا التحلل .

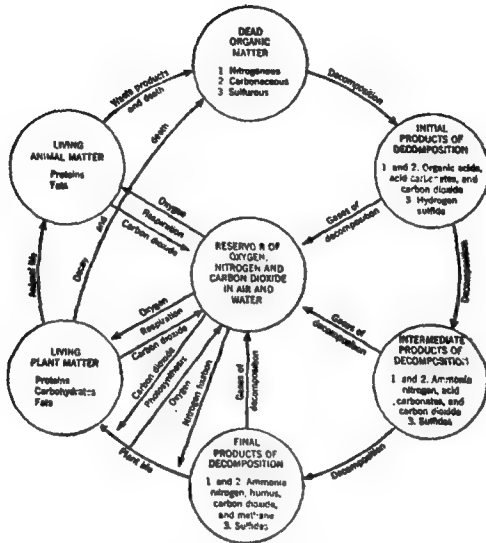
تحلل هوائي oxidation

وهو الذى يتم نتيجة لنشاط البكتيريا الهوائية عند تواجد الأكسجين وينتج عن هذا التحلل أملاح الأزونات (nitrates) والكبريتات (sulphates) وثاني أكسيد الكربون (Carbon dioxide) ومواد أخرى غير ضارة .

دوره المواد العضوية في الطبيعة

دورة الأزوت Nitrogen cycle

لما كان الأزوت يكون الجزء الأكبر من المواد العضوية فقد اختير تواجد الأنواع المختلفة لمركبات الأزوت مقياسا لما تعرضت له المخلفات السائلة من تحلل سواء كان هوائياً أو لاهوائياً ويمكن تباخيص دورة الأزوت في الطبيعة أى خطوات تحلل مركباته ونحوها من نوع إلى آخر كما في الشكل (١٧ - ١) .



شكل رقم ١٧ - ١

١ - تتحلل المواد العضوية (سواء كانت أصلاً ناتجة من موت حيوان أو نبات أو من إفرازات حيوانية) بفعل أنواع خاصة من البكتيريا (saprophytic) وهذا التحلل معقد الخطوات وتساعد في أثناءه غازات كبريتية الرائحة وينتهي بظهور غاز النوشادر (amonia) الذي هو أحد مركبات الأزوت.

٢ - تأخذ البكتيريا الأزوتية (Nitrifying bacteria) الموجودة في التربة وفي وجود الأكسجين البلوى في أكسدة النوشادر إلى أزوتيت

(nitrites) ثم إلى آزوتات (nitrates) وهى من أملاح الآزوت الثابت التى لا يتحلل .

٣ - يمتص النبات أملاح الآزوتات كغذاء له محولا إليها إلى بروتين نباتى وهذه النباتات إما يأكلها الحيوان فتتحول إلى بروتين حيوانى أو تموت فتتحول إلى مواد عضوية آزوتية ميتة .

٤ - عند وفاة الحيوان يتحول البروتين الحيوانى إلى مواد عضوية آزوتية ميتة - وكذلك إفرازات الحيوان هى أساسا مواد عضوية آزوتية ميتة .

٥ - تتكرر الدورة ثانياً بتعرض المواد العضوية سواء كانت أصلا ناتجة عن موت نبات أو حيوان أو إفراز حيوان يفعل البكتيريا التى تحملها إلى نواشدر ..

وبهذا يمكن القول أنه عند وجود نواشدر بكثرة فى عينة من الماء أو من التربة دل ذلك على تلوث حديث للماء أو التربة بالمخلفات السائلة - أما إذا تواجد الآزوتيت أو الآزوتات دل ذلك على تلوث قديم للماء أو التربة بالمخلفات السائلة - ويعتبر البعض وصول الدورة إلى نهايتها أى تحول المواد العضوية إلى نواشدر ثم أوزتيت ثم آزوتات دليل على اندثار البكتيريا الضارة التى كانت أصلا فى المخلفات السائلة ، إلا أن هذا الاعتبار لا يؤخذ به كقضية مسلم بها فى بعض الأحوال .

دورات أخرى : شكل (١٧ - ١) .

وتتعرض المواد العضوية الكبريتية إلى دورة أخرى مشابهة تتحول فيها أولا إلى كبريتور الهيدروجين الكريه الرائحة ثم بفعل البكتيريا الكبريتية

(Sulphur bacteria) عند وجود الأكسجين يتحول كبريتور الهيدروجين إلى مركبات الكبريتات الثابتة التي تمتصها النباتات كغذاء .

كذلك تتعرض المواد العضوية الكربونية التي تتواجد على هيئة سليولوز أو نشا أو سكر لفعّل بعض الكائنات الميكروسكوبية فتتحول إلى ثاني أكسيد الكربون الذي يمتصه النبات فيتحد مع الماء الموجود في النبات وبفعل أشعة الشمس وعملية التمثيل الكلوروفيلي يتحول ثاني أكسيد الكربون إلى نشا وسكر وسليولوز .

الكائنات الحية الميكروسكوبية في المخلفات السائلة

Micro — organisms in Sewage

تحتوى المخلفات السائلة بالإضافة إلى المواد الصلبة العالقة والذائبة على عديد من أنواع الكائنات الحية الميكروسكوبية والبكتيريا والتي يتواجد كل نوع منها بالآلاف في كل سنتيمتر مكعب من المخلفات . إلا أن الخبز الأكبر من هذه الكائنات غير ضار بل أنه مهم في تثبيت المواد العضوية وتحويلها إلى مواد ثابتة غير عضوية كما سبق شرحه أعلاه — إلا أن بعض هذه الكائنات الميكروسكوبية والبكتيريا ضارة وتسبب أمراضاً خاصة إذا وصلت إلى الطعام أو إلى مياه الشرب ومن أمثلة هذه البكتيريا : —
البكتيريا المسببة للتيفويد . الباراتيفويد . المسنتاريا بنوعها . الكوليرا .
الأمراض المعوية الأخرى .

وتتعرض المخلفات السائلة للاختبارات البكتريولوجية الآتية :

١ — العد الكلى للبكتيريا عند درجة ٢٠ سنجراد — وهذا يتراوح من نصف مليون إلى خمسة مليون بكتيريا في السنتيمتر المكعب .

٢ - العد الكلى للبكتيريا عند درجة ٣٧ سنتجراد - وهذا عادة يقل قليلا عن العد الكلى عند ٢٠ سنتجراد .

٣ - عدد بكتيريا القولون ويتراوح تعدادها من ٢٧٠٠٠ - ٢٠٠٠٠ في السنتيمتر المكعب .

وبدئى أن التراوح الواسع في تعداد البكتيريا بسبب اختلاف وقت وظروف أخذ العينة وكذلك نوع المخلفات وما فيها من مركبات .

الاختبارات الكيميائية لعينة المخلفات السائلة

Chemical Examination of Sewage

تجرى بعض الاختبارات الكيميائية الآتية لفحص عينة من المائات السائلة بغية تقدير درجة تركيزها قبل المعالجة كما تجرى نفس الاختبارات على عينة من المخلفات السائلة بعد المعالجة وبالمقارنة يمكن الاستدلال على كفاءة عملية المعالجة .

١ - اختبار الآزوت النشادرى Amonia nitrogen

وكمية النشادر تقل بمضى الوقت لتحوّلها إلى آزوتيت وأزوتات كما سبق شرحه في دورة الآزوت في الطبيعة .

٢ - اختبار الآزوت على هيئة آزوتيت وأزوتات Nitrites & Nitrates

وكمية الأزوتيت تزيد بمضى الوقت ويدلّ تواجده الأزوتات بكثرة على اقتراب المعالجة إلى الكمال .

٣ - اختبار الكلوريدات Chlorides

ويستفاد من هذا الاختبار للدلالة على تلوث الماء بالمخلفات السائلة نظراً لارتفاع تركيز الكلوريدات في المخلفات السائلة عنه في الماء .

٤ — اختبار كبريتور الهيدروجين Hydrogen Sulphide

إذ يدل تواجد هذا الغاز في عينة المخلفات على عدم تواجد الأكسوجين في العينة وعلى نشاط البكتيريا اللاهوائية.

٥ — الأكسوجين الكيميائي المختص C.O.D. Chemical Oxygen demand

ويستدل منه على مدى تركيز المواد الكربوتية العضوية في العينة . إلا أنه ليس بالدقة الكافية .

٦ — الأكسوجين الحيوى

: (B.O.D.) Biochemical Oxyge demand

وهو من التجارب الهامة في اختبار عينات المخلفات السائلة وفيه تقاس كمية الأكسوجين اللازمة لنشاط البكتيريا في أكسدة المواد العضوية الموجودة في العينة — إذ أن تعيين هذه الكمية من الأكسوجين يمكن اعتباره كأحد الطرق لقياس تركيز المواد العضوية في العينة . إلا أنه نظراً لأن الوقت اللازم لأكسدة جميع المواد العضوية في العينة قد يستغرق شهوراً ، فقد اكتفى بتحديد كمية الأكسوجين اللازمة لنشاط البكتيريا في تثبيت المواد العضوية الموجودة في العينة عند حفظها فترة محددة وتحت ظروف معينة ، وتتوقف كمية الأكسوجين هذه على العوامل الآتية :

أ — تركيز المواد العضوية في العينة . فكلما زاد التركيز زاد الأكسجين المستهلك أى الأكسوجين الحيوى B.O.D. — بل إن معدل استهلاك الأكسوجين أثناء اجراء تجربة واحدة يتناسب طردياً مع كمية المواد العضوية التي لم تتأكسد بعد .

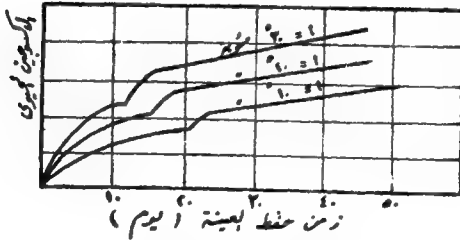
ب — درجة الحرارة أثناء فترة الحفظ (Incubtion) إذ كلما زادت درجة الحرارة — إلى حد معين — زاد نشاط البكتيريا في أكسدة وتثبيت المواد العضوية .

ج - الزمن أو الفترة التي تحتفظ اثناءها العينة أى التي يقاس تركيز الأكسوجين في العينة في بدايتها ونهايتها .

وتجرى التجربة بتخفيف العينة بكمية معينة من المياه الموهاء *Aerated Water* المحتوية على تركيز للأكسوجين سابق معرفته - ثم قياس كمية الأكسوجين المتبقى في الخليط قبل وبعد حفظه في الظروف المعينة والفترة محددة .

ولتقنين التجربة (Standardization) وحتى يمكن مقارنة النتائج المبراة على عينات في أماكن وأوقات مختلفة اتفق على أن تحتفظ العينة طول فترة التجربة عند درجة حرارة ٢٠° مئوية وأن يكون زمن الحفظ (incubation period) خمسة أيام .

والشكل رقم (١٧ - ٢) يبين منحنيات العلاقة بين المتغيرات الثلاثة : B.O.D. ، زمن أو فترة الحفظ ، درجة الحرارة - ويتبين من هذا الشكل أنه يمكن تقسيم أى منحنى إلى ثلاثة مراحل :



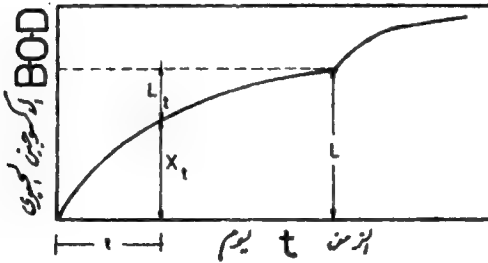
شكل رقم ١٧ - ٢

المرحلة الأولى : وتستمر فترة من ١٠ إلى ١٥ يوم وأكثر وفيها تتأكسد المواد العضوية الكربونية الأصل ، ويتميز هذا الجزء بأن معدل استهلاك الأكسوجين يتناسب مع كمية المواد العضوية التي لم تتأكسد بعد .

المرحلة الثانية : وهى فترة انتقال بين المرحلة الأولى والثالثة - وتتميز هذه المرحلة بثبات معدل استهلاك الأكسوجين مع ارتفاع فى قيمة هذا المعدل - وتستمر هذه المرحلة حوالى ثلاثة أيام .

المرحلة الثالثة : وفيها يتم أكسدة المواد العضوية الأزوتية الأصل ، وتتميز بأن معدل استهلاك الأكسوجين يكاد يكون ثابتاً إلا أنه أقل من المعدل فى المرحلة الثانية وتستمر هذه المرحلة حتى يتم أكسدة المواد العضوية الذى قد يستغرق شهوراً .

أى أنه فى المرحلة الأولى من هذه المنحنيات والى يتناسب فيها معدل استهلاك الأكسوجين مع كمية المواد العضوية التى لم تتأكسد بعد . يمكن كتابة المعادلة الآتية لمنحنى العلاقة بين الأكسوجين الحوى الممتص B.O.D والزمن ودرجة الحرارة (شكل ١٧ - ٣) .



شكل رقم ١٧ - ٣

$$(١) \quad \frac{L - X_t}{L} = 10^{-Kt}$$

$$(٢) \quad \log_{10} \left(\frac{L - X_t}{L} \right) = -Kt$$

$$(٣) \quad L_T = L_{20} [1 + 0.2(T - 20)]$$

$$(٤) \quad K_T = K_{20} [1.047^{T-20}]$$

حيث : L = الأكسجين المتص في نهاية المرحلة الأولى

T = درجة حرارة حفظ العينة .

K = ثابت يتوقف على درجة الحرارة ويسمى (Deoxygenation constant) أى ثابت استهلاك الأكسجين .

K_{20} = قيمة الثابت K عند درجة حرارة ٢٠° مئوية
ولقد وجد أنه يساوى ٠,١

K_T = قيمة الثابت K عند درجة حرارة T ° مئوية وأسس
لوغاريتم ١٠ .

t = الزمن الذى تجرى خلاله التجربة أى زمن حفظ العينة .

X_t = الأكسجين الحيدوى المتص بعد حفظ العينة t يوم .

L_T = الأكسجين المتص في نهاية المرحلة الأولى عند درجة
حرارة حفظ T ° مئوية .

L_{20} = الأكسجين المتص في نهاية المرحلة الأولى عند درجة
حرارة حفظ = ٢٠° مئوية .

مثال : الأكسوجين الحيوى (٥ أيام - ٢٠ مئوية) لعينة من المخلفات السائلة يساوى ١٠٠ جزء فى المليون أوجد :

. (ا) الأكسوجين الحيوى فى نهاية المرحلة الأولى عند ٢٠ مئوية .

(ب) الأكسوجين الحيوى إذا حفظت العينة لمدة عشرة أيام عند درجة حرارة ٢٠ مئوية .

(ج) الأكسوجين الحيوى إذا كانت فترة الحفظ يوم واحد عند درجة حرارة ٢٠ مئوية .

(د) الأكسوجين الحيوى إذا كانت فترة الحفظ خمسة أيام عند درجة حرارة ٣٠ مئوية .

الحل (ا) : بالاشارة إلى المعادلات السابقة :

$$\log \frac{L - X_t}{L} = - Kt$$

$$\therefore \log \frac{L-100}{L} = - 0.1 \times 5 = - 0.5$$

$$\therefore L = 146 \text{ ppm}$$

$$\log \frac{L - X_t}{L} = - Kt \quad \text{الحل (ب) :}$$

$$\therefore \log \frac{146 - X_t}{146} = - 0.1 \times 10 = - 1$$

$$\therefore X_t = 132 \text{ ppm.}$$

$$\log \frac{L - X_t}{L} = -Kt \quad \text{الحل (ج) :}$$

$$\log \frac{146 - X_t}{146} = -0.1 \times 1 = -0.1$$

$$\therefore X_t = 30 \text{ ppm}$$

$$Kt = K(20) [1.047 (t - 20)] \quad \text{الحل (د) :}$$

$$K_{30} = 0.1 [1.47]^{(30-20)} \\ = 0.1585$$

$$L_t = L_{20} [1 + 0.02 (t - 20)]$$

$$\therefore L_{30} = 146 [1 + 0.02 (30 - 20)] \\ = 175$$

$$\log \frac{L - X_t}{L} = -Kt$$

$$\therefore \log \frac{175 - X_t}{175} = -0.1585 \times 5 \\ = -0.79$$

$$\therefore X_t = 148.6 \text{ ppm.}$$

وفي جميع الاختبارات السابقة تظهر النتائج موضحة تركيز المواد الكيميائية في المليون (Part per million) ، والجدول رقم (١٧ - ١) يبين محتويات المخلفات السائلة بالجزء في المليون . كما يبين الجدول (١٧ - ٢) مقدار كمية المواد العالقة والذائبة والأكسوجين الحيوى المتصص بالنسبة للشخص الواحد في مقدراً بالحرام/للشخص ومنه يمكن تحديد مدى تركيز هذه المواد في المخلفات السائلة بعد معرفة معدل استهلاك الشخص للمياه في المدينة .

جلول رقم ١٧ - ١

محتويات المخلفات السائلة (بالجزء في المليون /م)

| الكمية ج/م | | | |
|------------------|-----------------|--------|------------------------------------|
| مخلفات متوسطة | مخلفات مركزه | مخلفات | المحتويات |
| ٤٠٠ | ٧٠٠ | ١٠٠٠ | مجموع المواد الصلبة |
| ٢٠٠ | ٣٥٠ | ٥٠٠ | عضوية |
| ٢٠٠ | ٣٥٠ | ٥٠٠ | غير عضوية |
| ٢٠٠ | ٣٥٠ | ٥٠٠ | مجموع المواد العضوية |
| ٧٠ | ١٥٠ | ٢٠٠ | عائقة |
| ١٣٠ | ٢٠٠ | ٣٠٠ | ذائبة |
| ٢٠٠ | ٣٥٠ | ٥٠٠ | مجموع المواد الغير عضوية |
| ١٣٠ | ٢٠٠ | ٣٠٠ | عائقة |
| ٧٠ | ١٥٠ | ٢٠٠ | ذائبة |
| ١٥٠ | ٢٥٠ | ٤٠٠ | الأكسوجين الحيوى المتعسر |
| ٣٠ | ٧٥ | ١٥٠ | الأكسوجين المتبرك |
| صفر | صفر | صفر | الأكسوجين الذائب |
| ٢٥ | ٥٠ | ٨٦ | الآزوت الكلى |
| ١٥ | ٣٠ | ٥٠ | النوشادرى |
| صفر | ٠,٠٥ | ٠,١٠ | النيتريت |
| ٠,١٠ | ٠,٢٠ | ٠,٤٠ | النترات |
| ١٥ | ١٠٠ | ١٧٥ | الكلوريدات |
| ٥٠ | ١٠٠ | ٢٠٠ | القلوية |
| صفر | ٢٠ | ٤٠ | الدهون |

جدول رقم ١٧ - ٢

كمية المواد العالقة والذائبة والأكسوجين
الحيوى المتص (جرام / شخص / يوم)

| نوع المواد الصلبة | غير عضوية | عضوية | المجموع | الأكسوجين الحيوى المتص |
|-------------------|-----------|-------|---------|------------------------------|
| عالقة | ٢٥ | ٦٥ | ٩٠ | ٤٢ |
| قابلة للترسيب . . | ١٥ | ٤٠ | ٥٥ | ١٩ |
| صعبة الترسيب . . | ١٠ | ٢٥ | ٣٥ | ٢٣ |
| ذائبة | ٨٠ | ٨٠ | ١٦٠ | ١٢ |
| المجموع | ١٠٥ | ١٤٥ | ٢٥٠ | ٥٤ |

مثال : باستعمال الجدول (١٧ - ٢) المطلوب تقدير تركيز المواد العالقة والأكسوجين الحيوى المتص للمخلفات السائلة لمدينة تمداها ٢٠٠٠٠٠ نسمة إذا كان معدل استهلاك المياه في المدينة ١٥٠ لتر / شخص / يوم .

الحل : من الجدول المذكور نجد أن المواد العالقة للشخص الواحد ٩٠ جرام / اليوم .

٠. تركيز هذه المواد = ٩٠ جرام في ١٥٠ لتر

= ٩٠ جرام في ١٥٠ كيلوجرام

= ٦٠٠ جزء في المليون .

ومن نفس الجدول نجد أن الأكسوجين الحيوى المتص للشخص الواحد في اليوم هو ٥٤ جرام .

٠. تركيز الأكسوجين الحيوى المتص = ٥٤ جرام في ١٥٠ لتر

= ٥٤ جرام في ١٥٠ كيلوجرام

= ٣٦٠ جزء في المليون

ومن هذه النتائج يظهر أن هذه المخلفات عالية التركيز .

المكافئ السكاني للمخلفات المائلة الصناعية :

في المدن الصناعية حيث تكثر المخلفات العالية التركيز للأكسوجين الحيوى المتص ، كثيراً ما نجتلا لإيجاد تعداد السكان الذى يعطى مخلفات سائلة تساوى في الأكسوجين الحيوى المتص الموجود في المخلفات الصناعية وهو ما يسمى : المكافئ السكاني (Population equivalent) - ويوضح المثال التالى طريقة ذلك .

مثال : المطلوب إيجاد التعداد السكاني المكافئ لمخلفات صناعية تصرفها سبعة آلاف متر مكعب يومياً إذا كان الأكسوجين الحيوى لهذه المخلفات ٨٠٠ جزء في المليون .

الحل : الأكسوجين الحيوى الكلى للمخلفات

$$= \frac{800 \times 7000}{1000000} = 56 \text{ طن/يوم}$$

ولما كان الأكسوجين الحيوى للشخص الواحد هو ٥٤ جرام/يوم .

$$\therefore \text{التعداد السكاني المكافئ} = \frac{5600000}{54} = 1037037 \text{ (تقريباً) .}$$

الباب الثامن عشر

اعمال التقية الابتدائية

Primary Treatment Works

وهذه تشمل كما سبق ذكره :-

- (أ) المصافي Screens
(ب) أحواض حجز الرمال أو أحواض الراسب الرملى Grit Chambers
(ج) الترسيب الابتدائى Primary Settling

المصافي Screens

المقصود بعملية المصافي هو تمرير المخلفات السائلة فى مصفاة بغرض حجز المواد الطافية الكبيرة الحجم وذلك لحماية الطليحات وصيانة للمواسير من الانسداد وكذلك منع تواجد المواد الطافية على سطح الأحواض بشكل يؤذى النظر .

والمصافي المستعملة لهذا الغرض عادة عبارة عن قضبان من الحديد متوازية والمسافة بينها تتراوح بين :

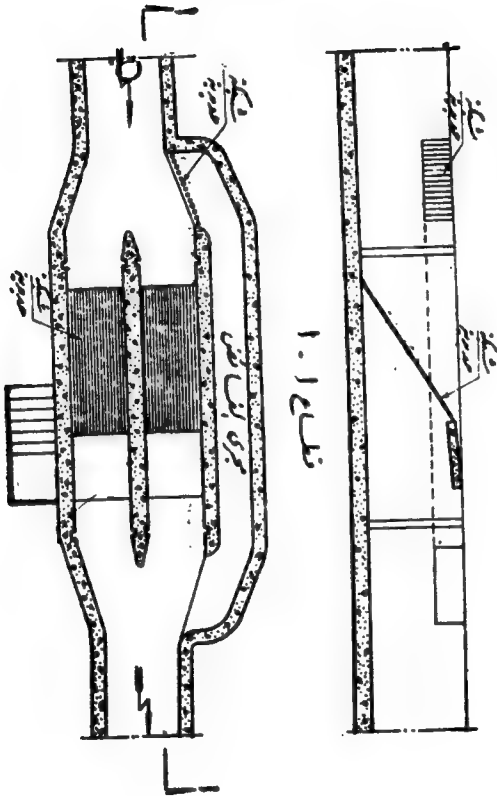
$\frac{1}{4}$ بوصة — $\frac{1}{2}$ بوصة وتسمى مصافي متوسطة الفتحات

$\frac{1}{2}$ بوصة — ٦ بوصة وتسمى مصافي كبيرة الفتحات .

وتوضع هذه القضبان بحيث تكون مستوى واحد يعترض سير المخلفات السائلة فتحجز المواد الطافية التى تزيد عن سعة الفتحة ما بين القضبان أمامها (شكل ١٨ - ١) .

وأهم ما يراعى عند تصميم هذه المصافي هو :

- ١ - القضبان إما دائرية أو مستطيلة المقطع وتتراوح ما بين $\frac{1}{4}$ بوصة ،
 $\frac{3}{4}$ بوصة .



شکل رقم ۱۸ - ۱

٢ - زاوية ميل القضبان مع المستوى الأفقى من ٣٠° - ٦٠° - وذلك ليسهل تنظيفها إذ أن المصافي الرأسية أو الأفقية تصعب تنظيفها كما أن ميل المصافي يساعد على تحميل الفضلات أمامها على منسوب سطح الماء.

٣ - يجب ألا تقل سرعة المياه في المجرى أمام المصفاة screen chamber عن ٦٠ سنتيمتر في الثانية وذلك منعا لاحتمال حدوث أى ترسيب للمواد العالقة في المجرى .

٤ - صاقي المساحة ما بين القضبان (على المستوى المائل للقضبان) تساوى ضعف مساحة المقطع المائى للمجرى المؤدية إلى غرفة المصافي (approach channel) - وذلك في حالة استعمال شبكة صرف منفصلة :

٥ - في حالة استعمال شبكة صرف مشتركة يكون صاقي المساحة ما بين القضبان مساوياً لثلاثة أمثال مساحة المقطع المائى للمجرى المؤدية إلى غرفة المصافي (approach channel) .

٦ - يجب ألا تزيد مركبة سرعة الماء العمودية على مستوى المصفاة عن ١٥ سنتيمتر في الثانية حتى لا تسبب ضغطاً للفضلات ما بين القضبان .

٧ - الفاقد في منسوب الماء أمام وخلف المصفاه أى الفرق في منسوب الماء أمام وخلف المصفاة يمكن احتسابه من المعادلة :

$$h = 1.4 \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g}$$

حيث : h = فرق المنسوبين

v_1 = سرعة الماء في فتحات المصافي

v_2 = سرعة الماء أمام المصافي |

g = عجلة الجاذبية الأرضية

وهذا الفاقد يكون حوالى عشرة سنتيمترات فى بدء تشغيل المصفاة
أى عندما تكون نظيفة ثم يأخذ فى الزيادة حتى يصل حوالى ثلاثين سنتيمتراً
وعندئذ يجب تنظيف المصفاة.

المصافي السائلة Fine screens

وهذه عبارة عن إمرار المخلفات السائلة خلال فتحات أو شقوق فى
الأواح معدنية - ويتراوح عرض هذه الشقوق من $\frac{1}{16}$ بوصة إلى $\frac{1}{4}$ بوصة
وطولها من $\frac{1}{4}$ - - - ٢ بوصة ، وهى لا تستعمل عادة إلا فى أحوال خاصة
منها : -

١ - تصفية المخلفات السائلة قبل التخلص منها بصبها فى نهر أو بحيرة
أو بحر بدون أى معالجة بعد ذلك .

٢ - التخفيف عن أحواض ترسيب تتلقى كميات من المخلفات السائلة
تجاوز حدود طاقتها .

٣ - وجود مخلفات صناعية تحوى مواد عاققة يصعب ترسيبها .

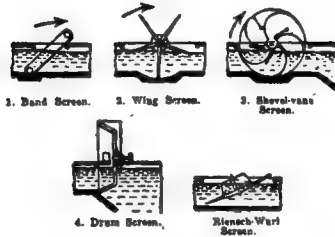
٤ - الاستغناء كلية عن أحواض الترسيب الابتدائى فى بعض عمليات
المعالجة بالرواسب (الحمأة) المنشطة .

ومعظم المصافي الدقيقة مسجلة تحت أسماء تجارية خاصة (patent) تقوم
بتصنيعها الشركات المنتجة لمهمات معالجة المخلفات السائلة من أمثال شركة
(Rex , Tark , Dorr) دور ، تارك ، ركس .

المصافي المتحركة (شكل ١٨ - ٢)

هناك أنواع من المصافي ترفع من مكانها لتنظيفها وتحمل محلها مصافي
أخرى ثم تعاد إلى مكانها ، كما أن هناك مصافي عبارة عن أقراص لفافة

ومصافي عبارة عن ألواح مثقبة على شكل شريط دائري يلف على أسطوانتين أفقيتين وكلا النوعين يتم تنظيفهما أثناء حركتهما .



شكل رقم ١٨ - ٢

طريقة تنظيف المصافي :

وتنظف المصافي العادية يدوياً بأن يقف العامل على الرصيف الذى ترتكز عليه المصفاه وبواسطة شوكة ذات يد طويلة يرفع المواد التى حجزت أمام المصافي لتبقى على هذا الرصيف فترة تسيل منها ما علق بها من ماء ثم تجمع للتخلص منها .

كما تنظف هذه المصافي فى المدن الكبيرة آلياً بواسطة أمشاط متحركة لها أسنان تتخلل الفتحات بين قضبان المصفاه - وعند وصول المشط إلى الرصيف الذى ترتكز عليه المصفاه يقوم العامل بتنظيف المشط . أو ينظف المشط آلياً كذلك بواسطة فرشاة خاصة .

أما المصافي الدقيقة فهى تنظف بواسطة فرش دواره خاصة .

طرق التخلص من الفضلات التي حجزتها المصافي :

١ - الدفن في الأرض (Burial) وذلك بعمل خنادق في الأرض ثم إلقاء هذه الفضلات فيها وتغطيتها مباشرة - وذلك تفادياً لرائحتها وتوالد الذباب على سطحها .

٢ - تجفيفها بالضغط لإزالة أكبر كمية من مائها ثم حرقها - وقد وجد أن هذه هي أنسب طريقة للتخلص من هذه الفضلات .

٣ - تقطيعها (shredding) وفرمها في مقارم خاصة (grinders) ثم إعادتها إلى بقية المخلفات السائلة لترسيب في أحواض الترسيب ومن ثم يمكن التخلص منها مع بقية الرواسب .

٤ - حملها في سفن والقائها بعيداً عن الشاطئ ، وذلك في البلاد الساحلية .

٥ - تقطيعها وفرمها ثم نقلها إلى أحواض تخمير الرواسب حيث تهالج ويتلخص منها مع بقية الرواسب .

كمية الفضلات التي تحجزها المصافي ومحتوياتها :

تختلف كمية هذه الفضلات ما بين قدم مكعب إلى خمسين قدم مكعب لكل مليون جالون (٨ لتر - ٤٠٠ لتر لكل ألف متر مكعب) ويتوقف هذا على محتويات المخلفات السائلة وتركيبها - وكذلك على سعة الفتحات بين القضبان .

وتحتوي مخلفات المصافي على حوائ ٨٠٪ من وزنها ١٠ - كما تشمل الفضلات قطع من الخشب والورق والأقمشة وبقايا الأطعمة ومواد عضوية أخرى سريعة التحلل مما يلزم سرعة التخلص منها بطريقة سليمة .

• مثال : المطلوب تصميم المصافي اللازمة لتصريف قدره متر مكعب / الثانية (حوالي ٩٠ ألف متر ٣ / يوم) من المخلفات السائلة .

الحـل :

(١) تصميم القناة المؤدية إلى المصافي (approach channel)

بفرض السرعة في هذه القناة = ١٢٠ سم / الثانية
 .. مساحة مقطع القناة = ٠,٧٢ متر مربع
 وبفرض العرض = ١٢٠ سم
 نجد أن عمق المياه في المجرى = ٦٠ سم
 وكذلك نجد ميل قاع المجرى = ١ : ١٠٠
 وبفرض أن التصريف الأقصى يماوى ضعف التصريف المتوسط
 .. ٢ متر ٣ / الثانية = السرعة × المساحة

$$\therefore Q = A \times v$$

$$Q = A \times \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

$$\frac{A}{P} = R \quad \text{ولما كانت}$$

$$\therefore Q = \frac{1}{n} A^{5/2} S^{1/2} \div P^{2/3}$$

$$\therefore 2 = 40 \times (0.01)^{1/2} \frac{(120 D)^{5/2}}{(120 + 2 D)^{2/3}}$$

$$\therefore D = 100 \text{ cm}$$

أى أن عمق المياه في القناة عند أقصى تصريف = ١,٠ متر ويفضل أن يرتفع الحائط بمقدار نصف متر عن منسوب المياه لأقصى تصريف -
 وبذلك يكون الارتفاع الكلى لجوانب القناة هو متر ونصف .

(ب) تصميم غرفة المصافي :

بفرض أن صافي المساحة بين القضبان (net area) على المستوى المائل يساوى ضعف مساحة القناة المؤدية إلى المصافي

$$\therefore \text{المساحة الصافية هذه} = 2 \times 0,72 = 1,44 \text{ متر}^2$$

وبفرض ميل المصفاة مع السطح الأفقى = 30°

ولما كان عمق الماء = ٦٠ سم \therefore الطول المضمور لقضبان المصفاة =

$$\frac{60}{\sin 30} = 2 \times 60 = 120 \text{ سم}$$

وبفرض قطر قضبان المصفاة = ٢ سم

وبفرض المسافة بين القضبان = ٢,٥ سم = بوصة واحدة

\therefore مساحة الفتحة بين كل قضيبين (على المستوى المائل) = $1,20 \times$

$$0,25 = 0,3 \text{ متر مربع}$$

$$\therefore \text{عدد الفتحات} = \frac{1,44}{0,3} = 48 \text{ فتحة}$$

وبذلك يكون عدد القضبان = ٤٩ فتحة

ويكون عرض حجرة المصافي

$$= 2 \times 49 + 2,5 \times 48 = 218,50 \text{ سم} = 2,18 \text{ متر}$$

\therefore المساحة العرضية (المقطع) لحجرة المصافي = $2,18 \times 0,6$

$$= 1,20 \text{ متر}^2$$

$$\therefore \text{السرعة داخل الحجرة} = \frac{1,00}{1,20} = 0,8 \text{ متر/الثانية}$$

وهى أكبر من السرعة المطلوبة الذاتية .

(ج) الفرق بين منسوب المياه أمام وخلف المصفاه =

$$h = \frac{V_1^2 - V_2^2}{2g}$$

حيث : v_1 = سرعة المياه خلال فتحات المصافي

$$1,0 \text{ متر/ثانية} = \frac{1,0}{0,6 \times 48 \times 0,25} =$$

= السرعة في حجرة المصافي = $0,8$ متر/الثانية

$$1,4 \times \frac{20,8 - 21,5}{9,8 \times 2} = \dots$$

$$= \frac{0,64 - 2,25}{19,6} \times 1,4 = 0,12 \text{ متر} = 12 \text{ سم}$$

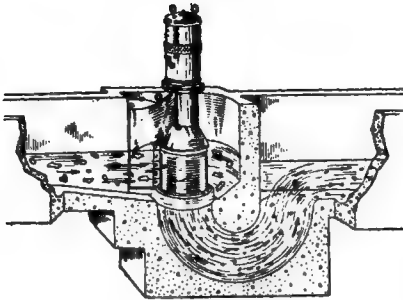
جهاز التقطيع

Comminutora

وهو جهاز يستعمل لتفتيت المواد الطافية الصلبة والشبه صلبة الموجودة في المخلفات السائلة دون حجزها أمام المصافي وإزالتها - ويوضع الجهاز في مجرى المخلفات السائلة لتمر فيه كلها .

والجهاز عبارة عن اسطوانة مفتوحة القاع وفي السطح الجانبي للإسطوانة فتحات عرض $\frac{1}{4}$ تمر منها المخلفات إلى قاع الاسطوانة ومنها إلى المجرى المائي ثانية - ومثبت بجوار هذه الاسطوانة مشط ذو أسلحة حادة - هذه الاسطوانة تدور بقوة موتور كهربائي وبذلك تقوم الأسلحة الحادة المؤبنة في المشط بتقطيع المواد التي يزيد حجمها عن الفتحات الموجودة في محيط الاسطوانة إلى أحجام أصغر من هذه الفتحات فتتمر فيها مع بقية المخلفات (شكل ١٨ - ٣) لترسب مع غيرها من رواسب في أحواض الترسيب .

ويوصى دائماً باستعمال جهازين من هذا النوع يعمل أحدهما كالاحتياطي للآخر كما يفضل دائماً وجود شبكة احتياطي يمكن الاعتماد عليها لحجز المواد الطافية في حالة انقطاع التيار الكهربائي أو زيادة التصرف عن قدرة الجهاز (شكل ١٨ - ٤) .



شكل رقم ١٨ - ٣

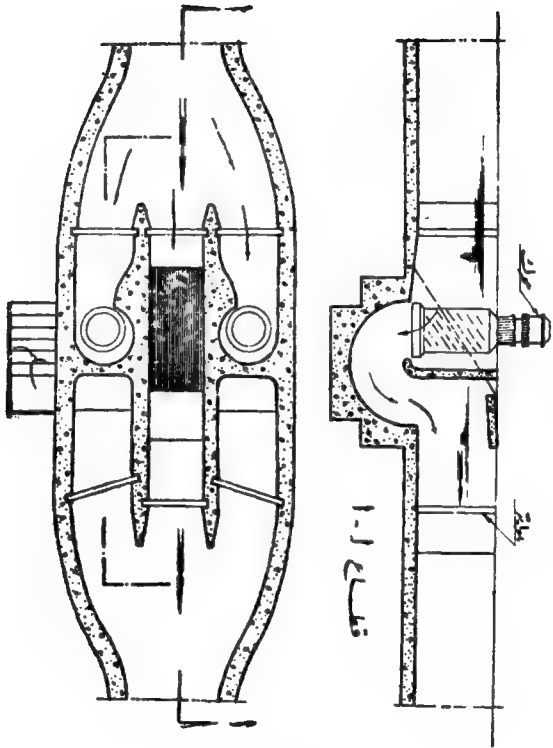
ويتميز هذا الجهاز بأنه يغي عن عملية حجز الفضلات أمام المصافي وإزالتها والتخلص منها . إذ أن إزالة هذه الفضلات والتخلص منها تعتبر من أكثر عمليات معالجة المخلفات النائلة تعباً ومضايقة للقائمين بالاشراف على محطات المعالجة .

أحواض حجز الرمال

Grit Chambers

أحواض حجز الرمال هي أحواض ترسيب الغرض منها ترسيب الرمال والمواد الغير عضوية العالقة . وذلك دون السماح للمواد العضوية بالترسيب والمواعى لهذه التفرقة في ترسيب نوعى الرواسب هي :

- ١ - صُرق التخلص من الرواسب الغير عضوية تختلف عن طرق التخلص من الرواسب العضوية .



شکل رقم ۱۸ - ۴

٢ - اختلاط نوعى الرواسب بسبب متاعب فى عمليات المعالجة التى تتبع هذه الخطوة .

لهذا تصمم أحواض حجز الرمال ليرسب فيها المواد الغير عضوية التى يبلغ حجم حبيباتها ٠,٢ ملليمترا وأكثر .

وتتكون أحواض حجز الرمال من قنوات متسعة نسبياً تمر فيها المخلفات السائلة مع التحكم الكافى لحفظ سرعتها عند السرعة التى تسمح بترسيب المواد الغير عضوية التى يبلغ قطرها ٠,٢ ملليمترا فأكثر - وفى نفس الوقت لا تسمح بالمواد العضوية بالترسيب - ولقد وجد أن هذه السرعة تتراوح ما بين ٣٥.٢٥ سنتيمتر / الثانية .

إلا أنه بالرغم من هذا الاحتياط فلقد وجد أن الرواسب فى قاع حجرة حجز الرمال قد تحتوى على حوالى ١٥ ٪ منها مواد عضوية .

اسس تصميم أحواض حجز الرمال :

- ١ - السرعة الأفقية من ٢٥ إلى ٣٥ سنتيمتر / ثانية .
- ٢ - المدة التى يمكثها الماء فى الحوض حوالى دقيقة .
- ٣ - بذلك تكون طول الحوض حوالى ١٨ - ٢٠ متر .
- ٤ - معدل التحميل السطحى (surface load or over flow rate) وهو يتغير تبعاً لتغير حجم حبيبات الرمال التى يرغب فى ترسيبها وهو كما هو موضح بالجدول رقم (١٨ - ١) .

جدول رقم (١٨ - ١)

معدل التحميل السطحي في أحواض حجز الرمال

| قطر حبيبات الرمل المطلوب ترسيبها | معدل التحميل ألف جالون/قدم ^٢ /يوم | ألف متر ^٣ /متر ^٢ /يوم |
|-------------------------------------|---|---|
| ٠,٧٩ ملليمتر | ٧٣ | ٣,٥٠ |
| ٠,٣٦ ملليمتر | ٥١ | ٢,٣٠ |
| ٠,٢٨ ملليمتر | ٣٨ | ١,٧ |
| ٠,١٧ ملليمتر | ٢٥ | ١,١ |

ولضمان انتظام السرعة الأفقية وحفظها دون تغيير يذكر في قيمتها بالرغم من التغير في التصريف المار في الخوض يوضع في نهاية الخوض هدار خاص بحيث يتناسب التصريف المار فوق الخوض مع ارتفاع الماء على حافته وهو ما يسمى Proportional flow wier - وهو هدار يشكل خاص عريض من أسفله وبأخذ في الضيق على شكل منحنى (شكل ١٨ - ٥) معادلته كالآتي :-

$$(١) \quad Q = 7.55 \, l \, h^{3/2}$$

$$(٢) \quad l \, h^{1/2} = l_1 \, h_1^{1/2} = l_2 \, h_2^{1/2} = K$$

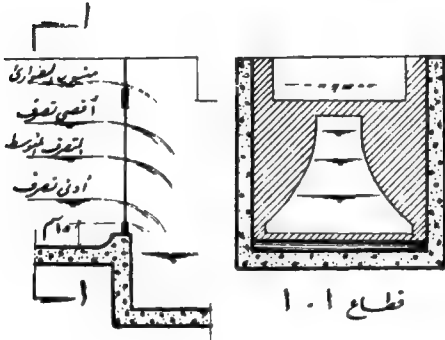
حيث : Q = التصريف المار على الهدار قدم^٣/ثانية

l = عرض الهدار على ارتفاع h فوق حافته (بالقدم)

l_1 = عرض الهدار على ارتفاع h_1 فوق حافته (بالقدم) .

على أن توضع حافة هذا الهدار فوق قاع الهدار بالمسافة التي لا تسمح بانزلاق الرمال المترسبة على القاع - وتقدر هذه المسافة بخمسة عشر سنتيمتراً . (نصف قدم) .

كما يجب أن يكون منسوب الماء في المجرى خلف الهدار أقل من منسوب حافة الهدار وبذلك يكون التصريف فوقه حراً (free flowing) وليس مضغوطاً .



شكل رقم ١٨ - ٥

كمية الرمال التي ترسب في الخوض :

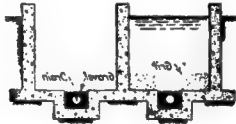
تتوقف كمية الرمال هذه على العوامل الآتية :

- ١ - طوبوغرافية المدينة ونوع الرصف وطبيعته .
- ٢ - نوع شبكة الصرف الصحي هل هي مشتركة أم منفصلة - إذ أن كمية الرمال تزيد في شبكات الصرف التي تحمل مياه الأمطار عن تلك التي لا تحمل مياه الأمطار .
- ٣ - نوع المخلفات الصناعية التي تصب في مواسير الصرف وما قد تحويه من مواد غير عضوية وورملية عالقة .

وتتراوح كمية الرمال التي تحجز بحوالى ٢ - ٣ قدم قدم مكعب لكل مليون جالون من الخلفات السائلة . (١٥ - ٢٣ لتر ١٠٠٠ متر مكعب) .

طرق تنظيف أحواض حجز الرمال :

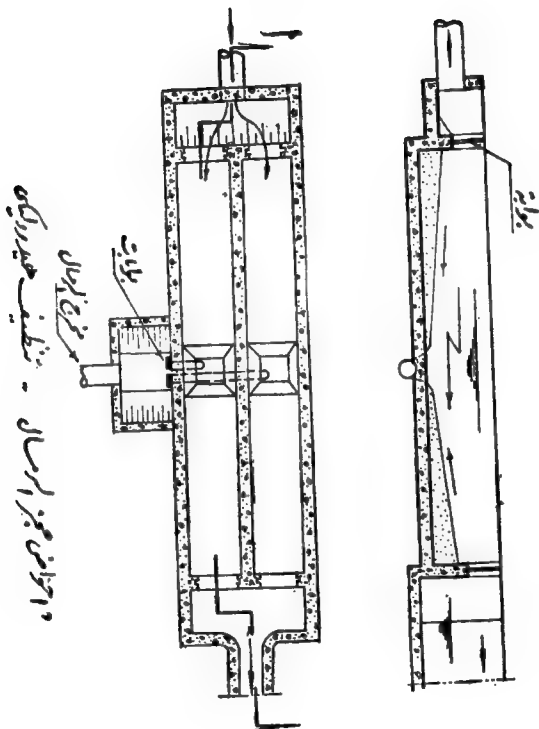
١ - الطرق اليدوية - وذلك بتفريغ الحوض على فترات ثم إزالة الرمال بواسطة آلات يدوية . إلا أن هذه الطريقة لا تستعمل إلا فى العمليات الصغيرة - وفى هذه الحالة يجب عمل الطرق اللازمة لتنصيف المياه تماما من الحوض قبل تنظيفه ومن هذه الطرق : انشاء الحوض بحيث يكون فى قاعة مجرى بطول الحوض يحتوى على خط من المواسير المفتوحة الوصلات والمحاطة بالزلط وفى نهاية خط المواسير : صمام يفتح لتنصيف الحوض مما فيه عند الحاجة لذلك (شكل ١٨ - ٦) .



شکل ١٨ - ٦

٢ - الطرق الهيدروليكية - وذلك بتفريغ الحوض على فترات ثم إزالة الرمال بتسليط خرطوم مياه (Water jet) على الرواسب فتكسحها إلى خارج الحوض لتسير فى مواسير إلى موضع التخلص منها (شكل ١٨ - ٧) .

٣ - الطرق الميكانيكية : وفيها يتم تنظيف الحوض باستمرار باستعمال كاسحات تتحرك بقوة موتور كهربائى فتدفع أمامها الرمال إلى منخفض فى مدخل الحوض - ومن هذا المنخفض ترفع الرمال بواسطة كباشات أو طنبور (Archimedian Screw) إلى أعلى الحوض حيث يمكن جمعها فى أوعية خاصة (شكل ١٨ - ٨) .



شکل رقم ١٨ - ٧

طرق التخلص من الرمال المترسبة :

- ١ - تنقل بعيداً إلى مكان يراد ردمه (filling - dumping) .
- ٢ - تدفن في خنادق إذا احتوت على كميات عالية من المواد العضوية
- ٣ - تفرد على سطح الأرض كسماد لبعض النباتات إذا حوت كمية من المواد العضوية .

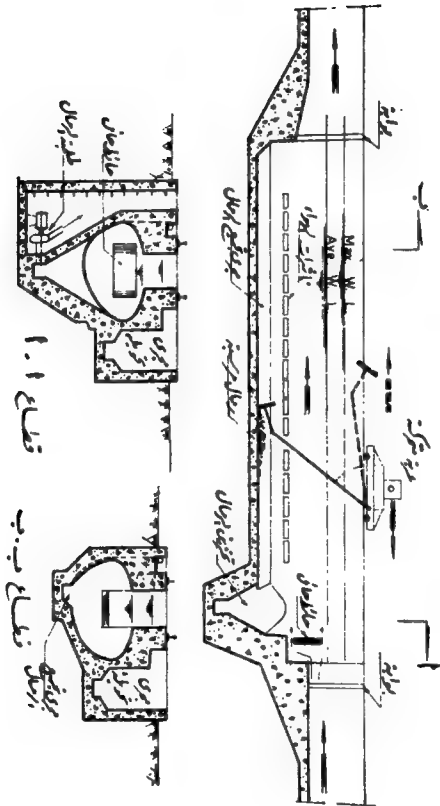
أحواض حجز الرمال المهواة (شكل ١٨ - ٩ - ١٨٠ - ١٠) :

وتستعمل أحيانا أحواض خاصة لحجز الرمال - تعرف بأحواض حجز الرمال المهواة بالمهواء المضغط Aerated grit chamber - وهي أحواض مزودة بمواسير موزعة على طول الحوض يخرج منها الهواء تحت ضغط من مخارج خاصة في الجزء الأسفل من الحوض (ناشرات الهواء air diffusers) بحيث يتراوح معدل خروج الهواء من هذه المخارج من ٣-٥ متر مكعب لكل متر طول للحوض - كما تشكل هذه الأحواض بحيث تكتسب المخلفات السائلة أثناء جريانها منها مساراً حلزونياً .

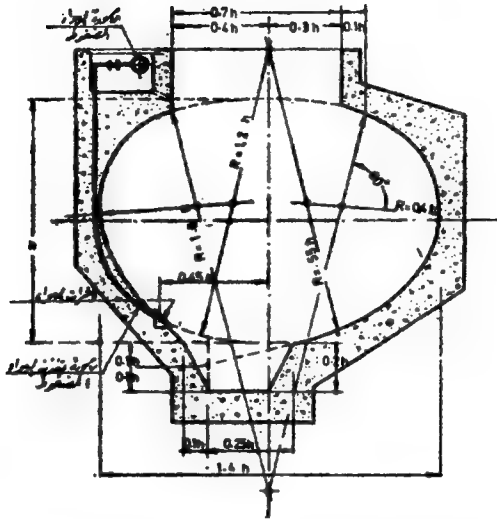
ومن مزايا هذا النوع من الأحواض :

- ١ - تنظيف حبيبات الرمل مما علق بها من مواد عضوية .
- ٢ - تهوية المخلفات السائلة وإزالة ما بها من غازات ناتجة من تحلل لا هوائى بل أذابة بعض الأكسوجين فيها قبل دخولها في أحواض الترسيب الابتدائي .

ويتم تنظيف هذه الأحواض بزحافة معلقة بعربة خاصة تسير على قضبان حديدية ممتدة على جدارى الحوض - هذه الزحافة عند تحرك العربة في اتجاه مدخل الحوض تدفع أمامها الرمال المترسبة لتجميعها في هرم أو مخروط



شکل رقم ۱۸ - ۹



| | |
|--|--|
| <p>المادة من طين الجير و ٣٠-٥٠٪ رمل كتلة الجزء العلوي ٣٠-٥٠٪ رمل و ١٠٪ طين</p> | <p>الارتفاع (م) = $0.945 \sqrt{A}$ العرض = (متر) = $1.4 h$ مساحة القاعدة = $1.12 h^2$</p> |
|--|--|

شكل رقم ١٨ - ١٠

معد لاستقبالها - ومنه عن طريق طلبات خاصة يمكن رفع الرمال إلى نقطة التخلص منها .

مثال :-

المطلوب تصميم حجرات الرمال اللازمة لتصرف قلرة ٨٦,٤ ألف متر^٣/يوم بفرض ترسيب حبيبات الرمل ذات القطر ٠,٢ مم فأكثر .

الحل :-

(١) تعيين مقاسات الحوض :

مدة بقاء الماء في الحوض = دقيقة واحدة

السرعة الأفقية في الحوض = ٣٠ سم/الثانية

∴ طول الحوض = ١٨ متر

ولما كان المطاوب ترسيب حبيبات الرمل ذات القطر ٠,٢ مم فأكثر
فإن معدل التحميل السطحي = ١٥٠٠ متر^٣ في المتر المسطح في اليوم
(من الجدول ١٨ - ١).

∴ المساحة السطحية للحوض = $\frac{1500}{30} = ٥٠$ متر^٢

∴ عرض الحوض = $\frac{50}{3} = ١٦,٦٥$ متر

∴ يختار حوضين عرض كل حوض ١٦,٦٥ متر (٥,٥٠ قدم) -

ويضاف حوض آخر احتياطي .

حجم الحوض = التصرف × زمن بقاء الماء في الحوض

= ١ × ٦٠ = ٦٠ متر مكعب

∴ عمق الحوض = $\frac{\text{الحجم}}{\text{المساحة السطحية}} = \frac{60}{3} = ٢٠$ متر

(ب) كمية الرمال المجمعة في الحوض :

تنوقف كمية الرمال المترسبة في حوض حجز الرمال كما سبق ذكره
على طبيعة المخلفات السائلة المعالجة ومصدرها . وتتراوح من ١٠٠ إلى
١٨٠ لتر لكل ١٠٠٠ متر مكعب (١٤٠ لتر في المتوسط) .

∴ كمية الرمال المترسبة في اليوم = $140 \times 86.4 = 12096$ لتر
= 12.096 متر مكعب

∴ المساحة السطحية للأحواض = 60 متر مربع

∴ ارتفاع طبقة الرمل المترسب/يوم = $12.6 = 0.20$ متر

فإذا نظف الحوض مرتين يومياً كان ارتفاع طبقة الرمل المترسبة بين عمليتي تنظيف ما يقرب من 10 سم ، ولذلك يجب أن تكون حافة هدار المخرج لحوض حجز الرمال على ارتفاع 5 سم فوق سطح الرمل المترسب أي 15 سم فوق قاع حوض حجز الرمال .

(ج) تصميم هدار المخرج (Proportional flow wier) :

التصرف الكلي = 86.4 ألف متر مكعب/اليوم

= 22.83 مليون جالون/اليوم

= 34 قدم مكعب /الثانية

التصرف الكلي = متر مكعب/الثانية

= 35.3 قدم مكعب/الثانية

التصرف للحوض الواحد = 17.65 قدم مكعب/الثانية

عمق الماء في الحوض = 1.5 متر = 3.28 قدم

ارتفاع الهدار فوق قاع الحوض = 1.5 متر = 0.5 قدم

∴ ارتفاع الماء فوق الهدار = $h = 0.85$ متر = 2.78 قدم

$$Q = 7.55 \text{ l } h^{3/2}$$

$$\therefore 17.65 = 7.55 \text{ l } (2.78)^{3/2}$$

$$\therefore 1 = 0.5 \text{ f t}$$

$$\therefore K = 1 \text{ h}^{1/2} = 0.5 \times (2.78)^{1/2} = 0.81$$

ومن ثم يمكن إيجاد شكل المنحنى بالعويض في المعادلة :

$$0.83 = K = I_1 h_1^{1/3} = I_2 h_2^{1/3} = \dots$$

وبفرض قيم مختلفة لارتفاع الماء فوق المدار « h » يمكن إيجاد عرض المدار « ١ » عند هذا الارتفاع . وكذلك سرعة المياه في الخوض عند جريانه بأعماق تتراوح من الحد الأدنى للتصرف وقدره نصف التصرف المتوسط والحد الأقصى للتصرف وقدره مرة ونصف التصرف المتوسط . كما في الجدول (١٨ - ٢) .

ومن هذا الجدول يتضح أن عند أدنى تصرف (٨.٨ قدم^٣ في الثانية) تكون السرعة ٨.٣ قدم في الثانية - كما أنه عند أقصى تصرف (٢٦,٢٥ قدم^٣ في الثانية) تكون السرعة ١.٠٢ قدم في الثانية - وكلتا السرعتين في الحدود المصرح بها والتي تسمح بترسيب المواد الغير العضوية (الرمال) ولا تسمح بترسيب المواد العضوية .

جلول رقم (١٨-٢)

| h ft | $h^{1/2}$ | $l = \frac{K}{h^{1/2}}$ ft | d = (ft) h + 0.5 | A = Bd ft ² | $\frac{Qf}{h^{5/2}}$ $= 7.55 \frac{Q}{K h}$ | V = QA |
|---------|-----------|-------------------------------|---------------------|---------------------------|--|-----------|
| ٠.٢ | ٠.٤٤٦ | ١.٨٦ | ٠.٧ | ٣.٨٥ | ١.٢٥ | |
| ٠.٤ | ٠.٦٣٠ | ١.٣٢ | ٠.٩ | ٤.٩٥ | ٢.٥٠ | |
| ٠.٦ | ٠.٧٤٢ | ١.١٢ | ١.١ | ٦.٠٥ | ٣.٧٥ | |
| ٠.٨ | ٠.٨٩٠ | ٠.٩٣ | ١.٣ | ٧.١٥ | ٥ — | |
| ١. — | ١.١٠ | ٠.٨٣ | ١.٥٠ | ٨.٢٥ | ٦.٢٥ | |
| ١.٢ | ١.١٠٠ | ٠.٧٦ | ١.٧ | ٩.٣٥ | ٧.٥٠ | |
| ١.٤ | ١.١٨ | ٠.٧١ | ١.٩ | ١٠.٤٥ | ٨.٧٥ | ٠.٨٣ |
| ١.٦ | ١.٢٦ | ٠.٦٦ | ١.١٠ | ١١.٥٥ | ١٠. — | |
| ١.٨ | ١.٣٤ | ٠.٦٢ | ٢.٣٠ | ١٢.٦٥ | ١١.٢٥ | |
| ٢. — | ١.٤٢ | ٠.٥٨ | ٢.٥٠ | ١٣.٧٥ | ١٢.٥٠ | |
| ٢.٢ | ١.٤٥ | ٠.٥٦ | ٢.٧ | ١٤.٨٥ | ١٣.٨٥ | |
| ٢.٤ | ١.٥٤ | ٠.٥٣ | ٢.٩ | ١٥.٩٥ | ١٥.٧٥ | |
| ٢.٦ | ١.٦٣ | ٠.٥١ | ٣.١ | ١٧.٠٥ | ١٦.٢٥ | |
| ٢.٨ | ١.٦٧ | ٠.٤٩٠ | ٣.٣ | ١٨.١٥ | ١٧.٥٠ | ٠.٩٦ |
| ٣.٠ | ١.٧٣ | ٠.٤٨٠ | ٣.٥٠ | ١٩.٢٥ | ١٨.٧٥ | |
| ٣.٢ | ١.٧٩ | ٠.٤٧٠ | ٣.٧ | ٢٠.٣٥ | ٢٩.٧٥ | |
| ٣.٤ | ١.٨٤ | ٠.٤٥٠ | ٣.٩٠ | ٢١.٤٥ | ٢١.٢٥ | |
| ٣.٦ | ١.٩ | ٠.٤٤٠ | ٤.١٠ | ٢٢.٥٥ | ٢٢.٥٠ | |
| ٣.٨ | ١.٩٥ | ٠.٤٣٠ | ٤.٣٠ | ٢٣.٦٥ | ٢٣.٧٥ | |
| ٤. — | ٢. — | ٠.٤١٥ | ٤.٥٠ | ٢٤.٧٥ | ٢٥. — | |
| ٤.٢ | ٢.٠٥ | ٠.٤٠٥ | ٤.٧ | ٢٥.٨٥ | ٢٦.٢٥ | ١.٠٢ |

أحواض الترسيب الابتدائي

Primary Settling Tanks

والغرض من أحواض الترسيب الابتدائي هو ترسيب أكبر كمية من المواد العضوية العالقة في المخلفات السائلة - وهي لا تختلف كثيراً عن أحواض الترسيب الطبيعي المستعملة في عمليات أمداد المدن بالمياه بالنسبة للعوامل المؤثرة على كفاءة الترسيب . وهي كما سبق ذكره في الباب السابع : كثافة المواد العالقة . كثافة الماء . لزوجة الماء ، شكل المواد العالقة . حجم المواد العالقة . سرعة جريان الماء في الحوض . تركيز المواد العالقة . مدة بقاء الماء في الحوض . معدل الحمل السطحي ، درجة انتظام دخول الماء وخروجه إلى ومن الحوض . طريقة تنظيف الحوض ويمكن تقسيم أحواض الترسيب إلى نوعين رئيسيين . كما سبق ذكره في الباب السابع :

١ - أحواض ترسيب ذات تصريف رأسي .

٢ - أحواض ترسيب ذات تصريف أفقي .

كما يمكن تقسيم الأحواض بالنسبة لطريقة التنظيف إلى :

١ - أحواض تنظف يدوياً .

٢ - أحواض تنظف هيدروليكياً .

٣ - أحواض تنظف ميكانيكياً .

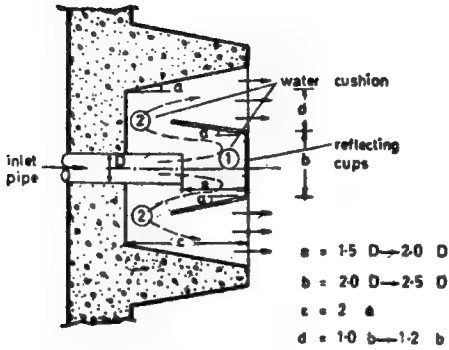
إلا أنه يجب مراعاة أنه يتجمع على سطح الماء في أحواض الترسيب للمخلفات السائلة مواد طافية (خث). ولذلك يجب أن يعمل الترتيب اللازم لإزالة هذا الخبث وإخراجه من الحوض أسوة بالرواسب التي تتجمع في قاع الحوض .

تصميم الداخل والخارج لحوض الترسيب :

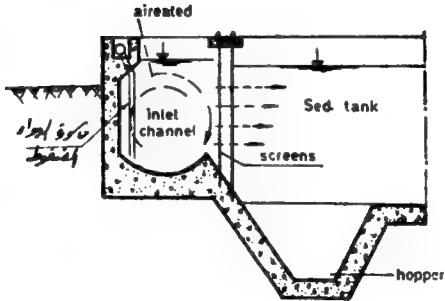
تتأثر كفاءة أحواض الترسيب بانتظام دخول الماء وخروجها منه - وقد سبق شرح ذلك تفصيلاً في أحواض الترسيب الطبيعي لامتداد المدن بالمياه (الباب السابع) ويبين شكل (١٨ - ١١) تفاصيل مدخل شتوتجارت السابق ذكره .

وفي بعض عمليات التنقية يتم توزيع المخلفات السائلة على الأحواض المختلفة عن طريق قناة ذات قاع على شكل ربع دائرة تقريباً (شكل ١٨-١٢) ومزودة بمواسير موزعة بكامل طول أحد جوانبها . يخرج من هذه المواسير الهواء المضغوط مما يسبب سير المخلفات السائلة في القناة في حركة حلزونية وتدخل المخلفات إلى الأحواض خلال فتحات في الجانب المقابل للقناة -

وتؤدي هذه الطريقة إلى انتظام دخول المخلفات السائلة في الحوض كما يؤدي إلى تهويتها وإزالة ما بها من غازات ناتجة من تحلل الأهواى بل وإذابة بعض الأمسوجين قبل دخولها إلى أحواض الترسيب .



شکل رقم ۱۸ - ۱۱



شکل رقم ۱۸ - ۱۲

اصص تصميم أحواض الترسيب الابتدائي :

١ - مدة المكث :

(أ) أحواض ترسيب لا يعقبها معالجة نهائية للمخلفات : ٢ - ٤ ساعة

(ب) أحواض ترسيب يعقبها مرشحات الزلط : ٢ - ٢.٥ ساعة

(ج) أحواض ترسيب يعقبها أحواض تنشيط الرواسب : ١.٥ - ٢ ساعة

والشكل رقم (١٨ - ١٣) يبين العلاقة بين مدة المكث وكفاءة الترسيب ومنه يتضح أن كفاءة إزالة المواد العالقة تفضل كفاءة خفض الأكسوجين الجوى لنفس زمن المكث . كما يتضح أن الزيادة المنتظرة من مضاعفة مدة المكث أطول مما ذكر أعلاه لا تتناسب مع زيادة تكاليف انشاء وصيانة الأحواض اللازمة لمواجهة الزيادة في زمن المكث .

٢ - السرعة الأفقية :

يجب ألا تزيد عن ثلاثين سنتيمر / الدقيقة .

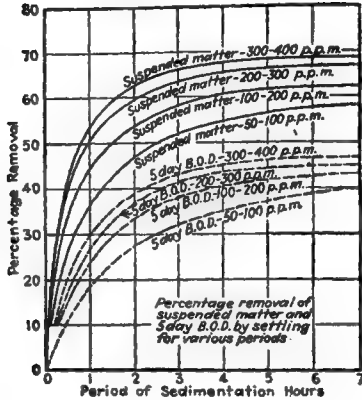
٣ - نسبة المقاسات الرئيسية للحوض :

العمق = حوالى ثلاثة أمتار يضاف إلى ذلك العمق اللازم لتخزين الرواسب .

العمق = حوالى من $\frac{1}{4}$ إلى $\frac{1}{2}$ العرض .

الطول = حوالى من ثلاثة إلى خمسة أضعاف العرض - بعد أقصى لا يتجاوز خمسين متر .

SEDIMENTATION OF SEWAGE



شكل رقم ١٨ - ١٣

٤ - معدل للتحميل السطحي :

لا يتجاوز ٣٠ - ٤٥ متر مكعب للمتر المسطح في اليوم .

٥ - تبلغ كثافة أحواض الترسيب الابتدائي :

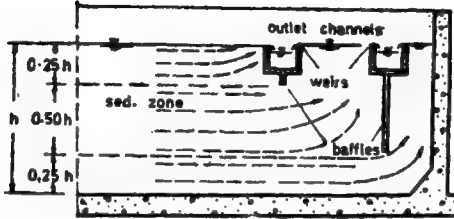
إزالة المواد العالقة : ٤٥ - ٦٠ %

خفض الأكسوجين الحيوى المتص : ٣٠ - ٤٥ %

٦ - معدل التحميل على هدار المخرج لا يزيد عن ٦٠٠ متر ٣ للمتر

الطول في اليوم وفي سبيل ذلك يشكل المخرج ليكون عدد من الهدارات المتوازية في نهاية الخوض (شكل ١٨ - ١٤) .

Principle of stuttgart
Inlet



شكل رقم ١٨ - ١٤

وفيما يلي وصف بسيط لخلف أحواض الترسيب الابتدائي المستعملة في عمليات معالجة الطحالب المائية :

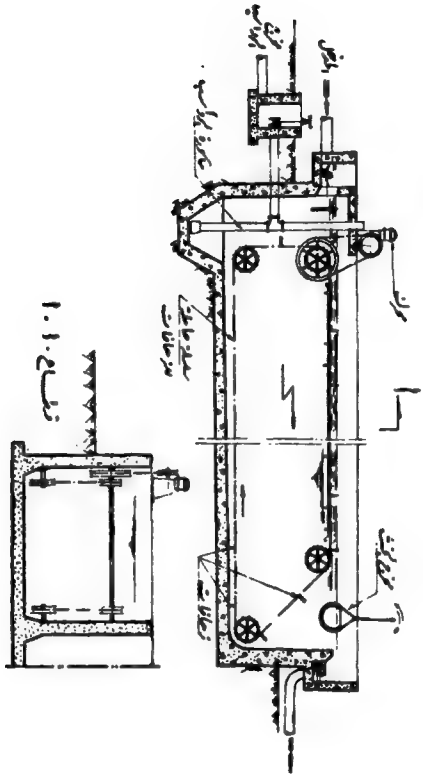
١ - أحواض ترسيب مستطيلة هرمية القاع :

وفي هذه الأحواض ترسب المواد العالقة في رؤوس الأهرامات المقلوبة المكونة للقاع - ومن رؤوس هذه الأهرام تخرج مواسير مركب عليها الصمامات اللازمة التي إذا فتحت خرجت الرواسب من الحوض إلى قناة الرواسب التي تحملها إلى مكان تجميع الحماية وتنفيفها ذلك بفعل الضغط الهيدروليكي فوقها .

٢ - أحواض الترسيب المستطيلة ذات السلسلة

Link Belt Settling tanks

وهي أحواض مستطيلة تسير فيها الماء في اتجاه أفقي - ذات قاع مميل بانحدار بسيط نحو هرم مقلوب أو أكثر عند المدخل - وفي هذه الحوض



تركب سلسلتين كل سلسلة على أربعة عجلات ذات تروس مثبتة في أحد جوانب الحوض ، وتتصل السلسلتان بواسطة قضبان حديدية بعرض الحوض ، ويركب على هذه القضبان أمشاط خشبية تزحف على قاع الحوض عند تحريك السلسلتين .

ويتم تحريك السلسلتين في الاتجاه المين على الرسم (شكل ١٨ - ١٥) بواسطة محرك كهربائي فتتحرك الأمشاط دافعة أمامها الرواسب المتركة على القاع حتى تسقط في الأهرام المقلوبة عند مدخل الحوض - ثم ترتفع الأمشاط لتسير على سطح الماء وبذلك تدفع أمامها الخبث إلى مجرى الخبث الموجود أمام هدار المخرج ،

٣ - أحواض ليزج للترسيب الابتدائي (Leipzig tanks) :

وهي أحواض مستطيلة تسير فيها المياه في اتجاه أفقى . تدخلها المياه عن طريق فتحات مستطيلة بأعلى الحوض وبالعرض الكامل للحوض -- تمر تحت حائط حائل أمام المدخل ثم تسير بطول الحوض حيث تمر تحت حائط لحجز المواد الطافية (الخبث) أمام هدار المخرج وفي القاع عند مدخل الحوض توجد هرم مقلوب أو أكثر لتجميع الرواسب قبل صرفها خارج الحوض .

وتمتاز هذه الأحواض بطريقة التنظيف التي ابتدعها دكتور ميدير (Dr. Mieder) إذ تستعمل زحافة واحدة تخدم الأحواض المتجاورة فتقل من حوض إلى حوض على عربة خاصة تسير على قضبان حديدية ممتدة بطول جوانب الأحواض عند المدخل أو المخرج (شكل ١٨ - ١٦) .

ويتم تنظيف الحوض بدفع الزحافة بسرعة بطيئة جداً على قضبان حديدية بطول الحوض ويتصل بهذه الزحافة مشط يمكن خفضه إلى

قاع الحوض أو رفعه إلى سطح الماء في الحوض . وعند إزالة الرواسب تسير الزحافة متجه من المخرج إلى المدخل مع خفض المشط إلى القاع فيدفع أمامه الرواسب الموجودة على القاع إلى الهرم المقلوب الموجود في قاع الحوض عند المدخل .

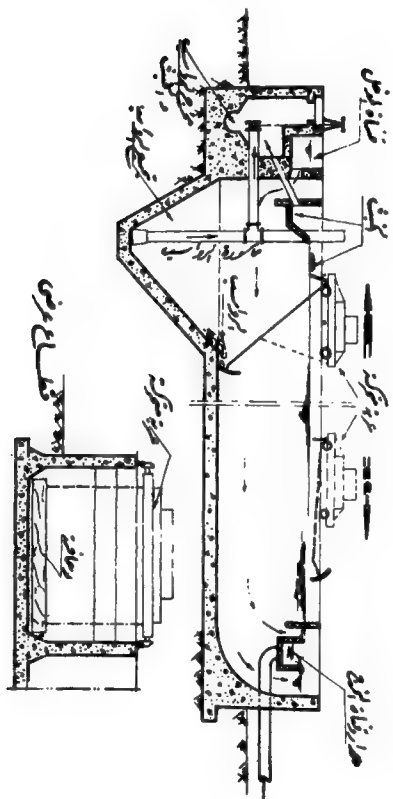
أما الخبث الطافي على سطح المياه فيتم إزالته عند سير الزحافة متجهة من المدخل إلى المخرج مع رفع المشط إلى سطح الماء في الحوض فيدفع أمامه الخبث إلى مجرى الخبث أمام هدار المخرج ومنه يسير الخبث في مجرى خاص موجود بجزء طول الحوض حتى يلتقي بالرواسب في مجرى خاصة عند المدخل .

كما يمكن وضع مجرى الخبث أمام المدخل بدلاً من أمام هدار المخرج وفي هذه الحالة تزود العربى بسلاحين أ ، ب (شكل ١٨ - ١٧) ، وعند حركة العربى في اتجاه المدخل يتزلق السلاح «أ» على القاع ليزيح أمامه الرواسب إلى الهرم المقلوب الموجود في قاع الحوض أمام المدخل - وكذلك يتحرك السلاح «ب» على سطح المياه ليزيح أمامه الخبث إلى مجرى الخبث أمام المدخل ، وعند وصول العربى إلى نهاية مسارها في اتجاه المدخل يرفع السلاحين فوق سطح الماء وتعود العربى في اتجاه المخرج لتعيد الكرة .

وتتميز هذه الطريقة بسهولة جمع الخبث مع الحمأة في المجرى بجزء الحوض . والاستغناء عن مجرى الخبث الذى يحتاج لصيانة مستمرة نظراً لسدده المتكرر .

وتتميز طريقة التنظيف هذه بالآتى :

١ - استعمال زحافة واحدة تخدم أى عدد من الأحواض المتلاصقة .



شکل ۱۸ - ۱۷

وفي هذا وفي التكاليف الانشائية .

٢ - لا تحتاج الزحافة إلى محرك قوى لتشغيلها بل يكفي محرك قوة حصانيتين ميكانيكيتين فقط .

٣ - عدم وجود الأمشاط الكاسحة باستمرار تحت الماء مما يسهل الصيانة والإصلاح .

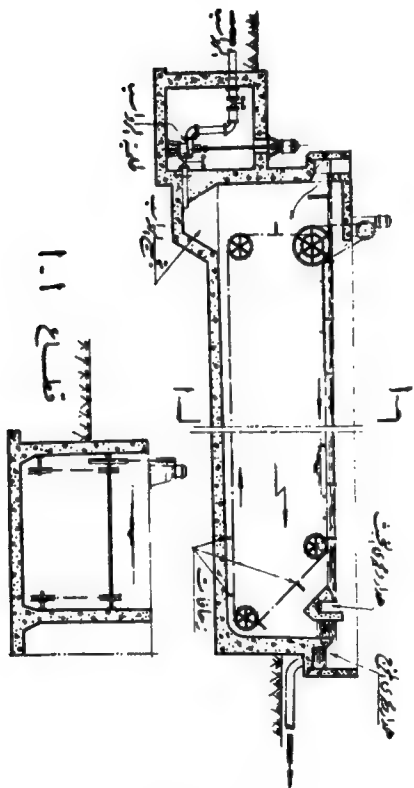
وتخرج الحماة من الأهرام المقلوبة بفعل الضغط الهيدروليكي الواقع عليها عن طريق الماسورة الموصلة من قاع أو رأس الهرم المقلوب إلى مجرى الرواسب الموجود بجزاء الحوض من ناحية المدخل . ومنه إلى بئارة محطة طلعات الرواسب التي ترفعها إلى موقع معالجتها أو التخلص منها .

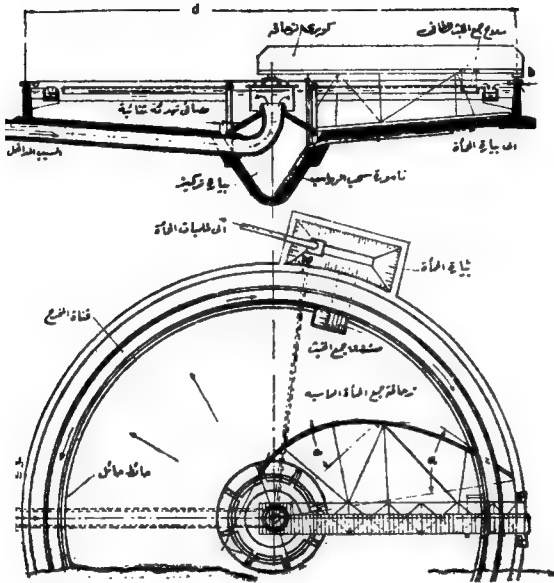
وفي بعض المحطات المعالجة الصغيرة يستغنى عن بئارة محطة رفع الحماة بتوصيل الطلمبات رأساً إلى الأهرام المقلوبة حيث تجمع الرواسب في مدخل الحوض (شكل ١٨ - ١٨) .

٤ - أحوض ترسيب دائرية ذات تصريف قطري :

وفي هذه الأحواض تدخل المياه في ماسورة حتى محور الحوض حيث تصب في ماسورة رأسية قصيرة ومن ثم تخرج من الماسورة الرأسية فتسير في اتجاه قطري حتى هدار المخرج على طول محيط الحوض .

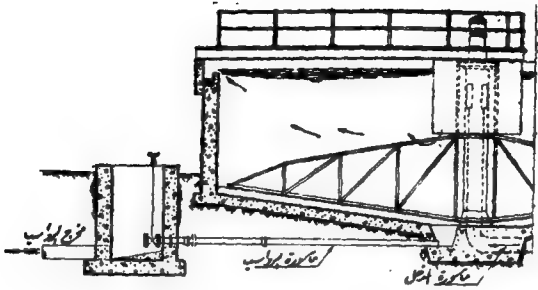
وتنظف هذه الأحواض بواسطة زحافات تزحف على القاع ومتصلة بمحرك على كوبري يرتكز على الحائط الدائري للحوض - وعند دوران المحرك تكسح الزحافات ما أمامها من رواسب إلى هرم أو مخروط مقلوب في محور الحوض ومن هذا الهرم تخرج ماسورة الرواسب التي يتم تشغيلها بصمام خاص (شكل ١٨ - ١٩ - ٢٠) .





شكل ١٨ - ١٩

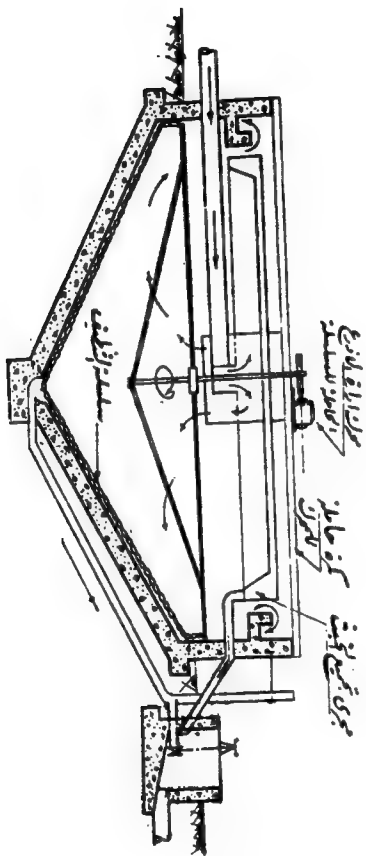
أما الخبث الذي يطفو على سطح الماء في الحوض فيجمع بواسطة مشط
مغمور عمراً جزئياً . فإذا دار المشط أزاح ما أمامه من خبث إلى غرفة
الخبث في جانب الحوض . ليخرج منها الخبث ليلتقي مع الرواسب المزالة
من قاع الحوض ويتم التخلص منهما معا .



شكل ١٨ - ٢٠

وهناك نوع من الأحواض الدائرية يستعاض عن الزحافات المستعملة لتنظيف القاع بسلاسل معلقة في طرفها بقضيب قطري وبحيث تكون ملامسة لقاع الحوض باستمرار : والقضيب القطري معلق من منتصفه بواسطة عامود رأسى بمحرك (شكل ١٨ - ١٢) . وعند دوران المحرك - يدور المحور الرأسى ومعه انقضيب الأفقى والسلسلة التى تدفع أمامها الرواسب إلى مركز الحوض حيث تخرج ماسورة الرواسب - إلا أنه نظراً لضعف السلسلة فكسح الرواسب فإنه يجب أن يكون قاع الحوض على شكل مخروط رأسه يميل ٣٠° مع الأفقى مما يساعد على انزلاق الرواسب إلى المحور .

ملاحظة : المطلوب تصميم حوض الترسيب الابتدائى من النوع المستطيل اللازم لمعالجة المخلفات السائلة قدرها ٧٦٠٠٠ متر مكعب/اليوم إذا كان الحوض متبوعاً بأحواض تنشيط الحمأة والترسيب النهائى وذلك باعتبار أسس التصميم الآتية :



مدة مكث المخلفات في الحوض = ١.٧٥ ساعة
معدل التجهيل السطحي لا يزيد عن ٤٥ متر^٣/متر^٢/يوم
معدل التجهيل على مدار المخرج لا يزيد عن ٦٠٠ متر^٣/متر^٢/يوم
السرعة الأفقية لا تزيد عن ٣٠ سم/الدقيقة .

الحل :

(١) المقاسات الرئيسية للحوض :

$$\text{المساحة السطحية للحوض} = \frac{٧٦٠٠٠}{٤٠} = ١٩٠٠ \text{ متر}^٢$$

$$\text{سعة الحوض} = \frac{١.٧٥ \times ٧٦٠٠٠}{٢٤} = ٥٥٠٠ \text{ متر}^٣$$

$$\therefore \text{عمق الحوض} = ١٩٠٠ \div ٥٥٠٠ = ٢.٩ \text{ متر}$$

وباختيار نسبة الطول : العرض تساوى ٤ : ١ وعرض الحوض =
٧.٥ متر فإن طول الحوض يساوى ٣٠ متر .

$$\text{وبذلك يكون عدد الأحواض اللازمة} = \frac{١٩٠٠}{٣٠ \times ٧.٥} = ٨$$

$$\therefore \text{النصرف المار في كل حوض} = \frac{٧٦٠٠٠}{٨} = ٩٥٠٠ \text{ متر}^٣/\text{يوم}$$

$$= ٦.٦ \text{ متر}^٣/\text{الدقيقة}$$

$$\therefore \text{السرعة الأفقية في الحوض} = \frac{٦.٦}{٢.٩ \times ٧.٥} = ٢٩ \text{ سم}/\text{الدقيقة}$$

وتسهيلاً لعملية تنظيف الحوض ينفى الحوض بحيث يكون القاع
مائلاً نحو المدخل حوالى ١ : ٨٠ وبذلك يقترح :

$$\text{أن يكون عمق الماء في الحوض عند المدخل} = ٣.١٠ \text{ متر}$$

$$\text{وأن يكون عمق الماء في الحوض عند المخرج} = ٢.٧٠ \text{ متر}$$

$$= ٢.٩٠ \text{ متر} \text{ والعمق المتوسط للمياه}$$

على أن يبنى الحوض بحيث ترتفع الحافة العليا للحائط حوالى ثلاثين سنتيمتراً عن سطح الماء فيه ، وبذلك يكون :

العمق الكلى للحوض عند المدخل = ٣,٤٠ متر

العمق الكلى للحوض عند المخرج = ٣,٠٠ متر

العمق الكلى المتوسط = ٣,٢٠ متر

(ب) حيز تخزين الرواسب :

باعتبار المواد العالقة ٤٠٠ جزء فى المليون وان كفاءة الترسيب ٦٠ ٪
من هذه المواد العالقة :

$$\therefore \text{كمية المواد العالقة فى اليوم} = \frac{٤٠٠ \times ٧٦٠٠٠}{١٠٠٠٠٠٠} = ٣٠,٤ \text{ طن}$$

$$\therefore \text{كمية المواد المرسبة} = ٠,٦ \times ٣٠,٤ = ١٨,٢٤ \text{ طن}$$

وباعتبار أن الحمأة تحتوى على ٩٥ ٪ مياه . ٥ ٪ مواد صلبة مرسبة .
يكون الوزن الكلى للحمأة ٣٦٤.٨ طن .

وباعتبار كثافة الحمأة لا تزيد عن ١.٠٢ يكون الحجم الكلى للحمأة
٣٦٠ متر مكعب فى اليوم . وحجم الحمأة لكل حوض = ٣٩٠ ÷ ٨ =
٤٥ متر ٣ .

وباعتبار الحوض سينظف ثلاثة مرات يومياً يكون حجم الحمأة المجمعة
بين كل عمليتي تنظيف ١٥ متر ٣ .

فاذا كان فى كل حوض هرمين مقلوبين فى مدخل كل حوض كان
حجم كل هرم ٧.٥ متر مكعب .

ولما كان عرض الحوض ٧.٥ متر فان طول ضلع القاعدة العليا للهرم
المقلوب = ٣.٧٥ متر .

وباختبار طول ضلع القاعدة السفلى للهرم المقلوب = ٠.٥ متر وعميق
الهرم المقلوب = ٥٠. فان حجم الهرم المقلوب يكون كافياً لاستيعاب
الحمأة المجمعة بين عمليتي التنظيف .

(ج) تصميم القنوات المؤدية إلى الأحواض :

— القناة الرئيسية وتحمل كل التصريف بسرعة ٣٠ م/الثانية .

$$\therefore \text{مساحة المقطع العرضي للقناة} = \frac{\text{التصريف}}{\text{السرعة}}$$

$$= \frac{76000}{0.30 \times 60 \times 24}$$

$$= 2.967 \text{ متر}^2$$

$$\therefore \text{العمق} = 1.22 \text{ متر} \quad \text{والعرض} = 2.45 \text{ متر}$$

وتتفرع هذه القناة إلى قناتين كل قناة تخدم أربعة أحواض وبذلك
يكون إبعاد هذه القناة :

$$\text{العرض} = 1.22 \text{ متر} \quad \text{العمق} = 1.22 \text{ متر}$$

وتأخذ هذه القناة في الضيق بعد كل حوض بينما يبقى العمق ثابتاً
وذلك لأن التصريف المار في هذه القناة يقل لدخول بعضه في الأحواض
المتجاورة —

(د) تصميم المداخل في كل حوض :

$$\text{التصريف الكلي} = 76000 \text{ متر مكعب/يوم}$$

$$= 0.89 \text{ متر مكعب/الثانية}$$

$$\therefore \text{التصريف في كل حوض} = \frac{0.89}{8} = 0.11 \text{ متر}^3/\text{الثانية}$$

وباختيار المدخل عبارة عن فتحات متجاورة بالعرض الكامل للحوض^٢ وبحيث تكون المربعة في هذه الفتحات ٠,٣٠ متر في الثانية .

$$\therefore \text{المساحة الكلية للفتحات} = ٠,١١١ \div ٠,٣٠$$

$$= ٠,٣٧ \text{ متر مربع}$$

$$= ١٠ \text{ وباختيار عدد الفتحات}$$

$$\therefore \text{مساحة كل فتحة} = ٠,٠٣٧ \text{ متر مربع}$$

$$= ٣٧٠ \text{ م}^٢$$

وبذلك يمكن اختيار أبعاد كل فتحة .

$$\text{المعق ١٥ م} - \text{العرض ٢٥ م}$$

كما تكون المسافة بين كل فتحتين ٥٠ م وبين الفتحة الأخيرة والحائط الجانبي للحوض ٢٥ م .

على أن يوضع أمام هذه الفتحات حائط حائل (baffle) يمتد ٣٠ م فوق سطح الماء ويمتد تحت سطح الماء بحيث يبعد من مرعة اندفاع الماء إلى الحوض وكذلك ليوجه الماء في دخوله لينبع تكوين مناطق مشاولة في جسم الحوض .

(٥) تصميم هدار اخراج :

$$\text{التصرف الكلي للأحواض} = ٧٦٠٠٠ \text{ متر}^٣/\text{يوم}$$

$$\text{تصرف كل حوض} = ٧٦٠٠٠ \div ٨ = ٩٥٠٠ \text{ متر}^٣/\text{يوم}$$

$$\text{طول الهدار} = ٩٥٠٠ \div ١٦ \text{ متر}$$

ولما كان عرض الخوض ٧.٥ متر فإنه أما أن يمتد الهدار على الحائطين الجانبيين للخوض مسافة ٤ متر على كل حائط أو يبني هدارين متوازيين عند المخرج كما في شكل ١٨ - ١٤ .

التهوئة الابتدائية Pre-aeration tanks

تتم عملية التهوية الابتدائية للمخلفات السائلة في أحواض تهوية خاصة تسبق أحواض الترسيب الابتدائية - وهي تستعمل إذا كان تركيز المواد العضوية في المخلفات السائلة عالياً من هذه التهوية هو إزالة الغازات الناتجة عن التحلل اللاهوائي قد حدث للمواد العضوية أثناء انتقال المخلفات السائلة في شبكات فمدة طويلة وكذلك اكساب المخلفات السائلة بعض الأكسوجين مما يساعد على زيادة كفاءة خطوات المعالجة التالية لذلك .

ومدة المكث في هذه الأحواض حوالى ثلاثين دقيقة على أنه يجب ألا يقل عن عشرين دقيقة وهناك طريقتان للتهوية :

١ - استعمال الهواء المضغوط الذى يخرج على شكل فقائيع من فتحات في شبكة مواسير في قاع الخوض .

٢ - استعمال فلابت ميكانيكية تحدث اضطرابا في سطح الماء
١٤ يجعل الهواء يتخلل جسم المخلفات السائلة .

أحواض حجز الزيوت Grease removal tanks

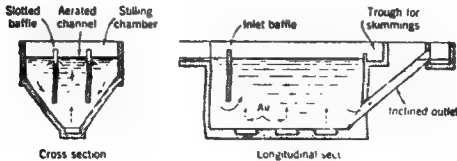
يفضل في حالة تواجد كمية كبيرة من الزيوت والمواد الدهنية في المخلفات السائلة أن تفصل هذه المواد عن بقية المخلفات قبل معالجتها بالترسيب الابتدائي إذ أن تواجد مثل هذه المواد قد يعيق كفاءة الترسيب إذ تطفو

على سطح الحوض بما التصق عليها من مواد عالقة ، كما أن وجود الزيوت في الماء الخارج من أحواض الترسيب يقلل من كفاءة عمليات المعالجة التي تعقب الترسيب سواء كان ذلك بتنشيط الحادة أو الترشيع .

ونتم إزالة الزيوت في أحواض خاصة مدة المكث فيها تتراوح بين خمسة وخمسة عشر دقيقة - وفي قاع هذه الأحواض توجد شبكة مواسير منقبة يخرج منها هواء مضغوط مما يساعد على تجميع حبيبات الزيوت مع بعضها وطفوها على سطح الماء في الحوض . وكية الهواء المطلوب في هذه الحادة حوائ نصف متر مكعب لكل متر مكعب من المخلفات السائلة .

كما أن إضافة الكلور إلى المخلفات السائلة بمعدل ٢ جزء في المليون تزيد من كفاءة عملية إزالة الزيوت - ويمكن إضافة الكلور على هيئة غاز مع افواء المضغوط أو على هيئة محلول يضاف إلى المخلفات السائلة في مدخل الحوض .

ويزود مخرج الحوض بمخاط لمنع خروج الزيوت الطافية مع بقية المخلفات السائلة على أن تكشف هذه الزيوت كلها تجمعمت ويتم التخلص منها إما بدفنها في خنادق في الأرض أو حرقها مع المواد التي حجزتها المصافي . كما يمكن جعل مخرج الحوض على منسوب منخفض لمنع خروج الزيوت مع بقية المخلفات السائلة (شكل (١٨ - ٢٢) .



شكل ١٨ - ٢٢

الترسيب الكيماوى

Chemical Precipitation

وتشبه عملية الترسيب الكيماوى للمخلفات السائلة عملية الترسيب الكيماوى
المياه فى إمداد المدن بالمياه فهى تشمل إضافة المروبات إلى المخلفات السائلة
فى جرعات مناسبة تحدد معمليا وتتراوح بين ٥٠ . ٢٥٠ جزء فى المليون
حسب نوع المادة المروية ودرجة تركيز المواد العالقة . ويتبع فى إضافة المروب
إلى المخلفات السائلة . الخطوات الآتية :

- ١ - المزج السريع : لمدة دقيقة فى أحواض خاصة .
 - ٢ - المزج البطىء : لمدة تتراوح من عشرين إلى ثلاثين دقيقة .
 - ٣ - الترويق : لمدة تتراوح من ساعة ونصف إلى ساعتين .
- ولزيادة من التفاصيل عن هذه الخطوات يرجع إلى معالجة مياه الشرب
بالترسيب الكيماوى .

كفاءة عملية الترسيب الكيماوى للمخلفات السائلة هى :

ترسب المواد العالقة : ٨٠ - ٩٠ % .

ترسيب المواد العالقة العضوية
أى خفض الأكسجين الحيوى المتص $\left\{ \begin{array}{l} ٥٥ - ٦٥ \% \end{array} \right.$

إلا أن هذه الطريقة لا تتبع حالياً فى معظم عمليات المعالجة للأسباب
الآتية :-

- ١ - ارتفاع تكاليف المواد المروية .
- ٢ - زيادة حجم الرواسب المتجمعة فى قاع حوض الترويق زيادة
كبيرة تزيد من متاعب التخلص منها .

٣ - تحتوى الرواسب على نسبة عالية من الماء مما يزيد من صعوبة التجفيف .

٤ - لإمكان الحصول على نتائج أفضل باتباع المعالجة النهائية مثل المرشحات وأحواض تنشيط الحمأة .

ويضاف الكلور أحيانا إلى المخلفات السائلة بعد معالجتها بهذه الطريقة قبل التخلص النهائى منها - وجرعات الكلور في هذه الحالة قد تصل إلى عشرين جزء في المليون مما يؤدي إلى زيادة في خفض الأكسوجين الحيوى لتصل قيمة الخفض في مجموعها إلى ٨٠ ٪ من القيمة الأصلية للأكسوجين الحيوى .

Septic Tanks أحواض التحليل

يطلق لفظ تحليل المخلفات السائلة على تحليلها بفعل البكتيريا اللاهوائية والذي ينتج عنه تحول نسبة كبيرة من المواد العضوية الصلبة إلى مواد سائلة وغازات مما ينتج عنه نقص في كمية الرواسب .
والغازات الناتجة عن هذا التحلل تحتوى على :

غاز الميثين بنسبة ٦٠ - ٧٥ ٪

ثنائى أكسيد الكربون بنسبة ٢٠ - ٣٠ ٪

أزوت بنسبة ٢ - ٨ ٪

وآثار بسيطة من غاز الهيدروجين .

وتقوم أحواض التحليل بمهمتين :

١ - ترسيب المواد العالقة .

٢ - تخزين المواد الراسبة مدة كافية ليتم فيها التحلل اللاهوائى .

ونقسم أحواض التحليل إلى نوعين :

- ١ - أحواض تحليل ذات طابق واحد (Single storey tank) .
- ٢ - أحواض تحليل ذات طابقين (Double storey tank) .

وأهم مزايا استعمال أحواض التحليل هي :-

- ١ - نقص في وزن المواد الصلبة العضوية الموجودة في الحمأة المتجمعة نتيجة تحلل جزء منها إلى غازات وسوائل ، حوالى ٢٥ - ٣٠ ٪ .
- ٢ - نقص في حجم الحمأة المتجمعة يصل إلى ٧٥ ٪ من الحجم الأصلي وهذا النقص الكبير نتيجة نقص الوزن وكذلك نتيجة تركيز المواد الصلبة أو بمعنى آخر نقص في كمية الماء التي تحويها الحمأة إذ أن الحمأة تحتوى عادة على حوالى ٩٥ ٪ ماء قبل التحلل . أما بعد التحلل فتحتوى على ٩٠ ٪ ماء مما يؤدي إلى خفض حجمها إلى نصف الحجم الأصلي .
- ٣ - الرواسب الكاملة التحلل لا ينبعث منها روائح كريهة إذ أن رائحتها تشبه رائحة الأرض الزراعية المسمدة حديثاً .
- ٤ - الرواسب الكاملة التحلل يسهل تحفيفها عن الرواسب التي لم تتحلل بعد .

أحواض تحليل ذات طابق واحد

وهي تشبه في منظرها العام أحواض الترسيب العادية ذات قاع مستوى أو مجموعة من الأهرام المقلوية وتراوح مدة المكث للمخلفات السائلة فيها بين اثني عشر ساعة وأربعة وعشرون ساعة .

كما أن تنظيفها لا يتم على فترات متقاربة بل كل سنة أو ثمانية أشهر مما يعطى البكتيريا اللاهوائية الوقت اللازم بالقيام بمهمة تحليل المواد العضوية وتحويل جزء منها إلى سائل وغازات : مما يوجب انشائها بالحجم اللازم

لتستوعب تخزين الرواسب مثل هذا الوقت الطويل - وتزود أحواض التحليل ذات الطابق الواحد بمداخل ومخارج تضمن انتظام سير المخلفات السائلة في الحوض دون قفالة الرواسب المخزونة في القاع وكذلك دون خروج أى من الخبث المتجمع على السطح - ويتم هذا بواسطة حائط حائل في كل من المدخل والمخرج مع توزيع دخول الماء على عرض الحوض بالكامل - وكذلك خروج الماء على مدار بكامل عرض الحوض .

وتبقى الرواسب في الحوض مدة تصل إلى ستة أو ثمانية أشهر وتفضل أن تزال دون إيقاف تشغيل الحوض عن طريق فتحات في أماكن منخفضة في قاع الحوض متصلة بمواسير تحمل الرواسب إلى مكان تجهيزها تمهيداً للتخلص منها ويصل الحجم اللازم لتخزين الرواسب في الحوض إلى حوالي ٢٥٪ من الحجم الكلى الحوض .

إلا أنه نظراً لبقاء المخلفات السائلة على اتصال كامل بالرواسب المتجمعة في قاع الحوض والدائمة الاضطراب نتيجة لتصاعد الغازات منها فإن بعض المواد الدقيقة السابق ترسيبها تثار ثانية وتتصاعد مع الغازات لتخرج من الحوض مع الماء مما يقلل من كفاءة الترسيب وكذلك يكسب الماء الخارج من الحوض لونا ورائحة كريهة .

ولا تستعمل أحواض التحليل ذات الطابق الواحد بكثرة حالياً في عمليات معالجة المخلفات السائلة لأمدن وذلك للأسباب الآتية :

- ١ - سوء حالة الماء الخارج منها في بعض الأوقات نتيجة إثارة المواد العالقة الدقيقة السابق ترسيبها بسبب تصاعد الغازات من الرواسب المتحللة .
- ٢ - تصاعد الروائح من الخبث المتجمع على سطح الحوض .
- ٣ - توالد الذباب في الخبث المتجمع على سطح الحوض .
- ٤ - الحصول على نتائج أحسن باستعمال أحواض التحليل ذات الطابقين .

٥ - عدم امكان تجميع الغازات المتصاعدة والناجمة من التحليل والذي ثبت إمكانية استعمالها كوقود بينما يمكن تجميع هذه الغازات من أحواض التحليل ذات الطابقين .

لكل هذه الأسباب اقتصر في الوقت الحاضر ، استعمال أحواض التحليل ذات الطابق الواحد على معالجة المخلفات السائلة من الأماكن المنزلة التي لا يوجد بها شبكات صرف صحي عمومية وفي هذه الحالة يجب تغطية الأحواض

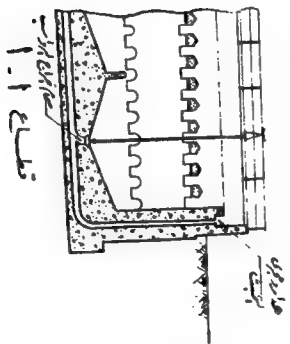
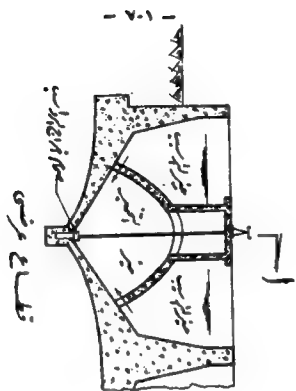
أحواض تحليل ذات طابقين

لقد أدت العيوب السابق ذكرها لأحواض التحليل ذات الطابق الواحد إلى إنشاء حواض تحليل ذات طابقين - الطبقة العليا منه تعمل كحوض ترسيب عادي ترسب إلى قاعها المواد العالقة - وعن طريق فتحات في القاع تنزل الرواسب إلى الطبقة السفلى حيث تبقى المدة اللازمة لاستكمال عملية التحليل . وهناك نوعان من هذه الأحواض :

١ - أحواض ترافس (Travis Tanks) :

وأول من أنشأ هذه الأحواض هو دكتور وليم ترافس وذلك في مدينة هامبتون بإنجلترا (Hampton England) ولذلك تسمى أحياناً بأحواض هامبتون - وتسمى أحياناً هيدروليكتيك (Hydraulic Tanks) .

والخوض كما في (شكل ١٨-٢٣) ينقسم إلى ثلاثة غرف بطول الخوض بواسطة حوائط طولية بحيث يكون قاع كل قسم على شكل حرف v على أن تتصل كل من الغرفتين العلويتين بالغرفة السفلى عن طريق فتحات في قاع الغرف العليا - ومن هذه الفتحات تفيض الرواسب من الغرف العليا إلى الغرفة السفلى .



وتصمم مداخل هذا الحوض بحيث نستقبل الغرف العليا من أربع أخماس إلى خمسة أسداس التصريف الكلى بينما تستقبل الغرفة السفلى من سدس إلى خمس التصريف الكلى بالإضافة إلى ما نستقبله من رواسب سبق ترسيبها في الغرف العلوية — ولقد كان أساس هذا التوزيع ما اعتقده دكتور ترافس من ضرورة تغذية الرواسب المخزونة في الغرفة السفلى بكميات من البكتيريا الموجودة في المخلفات السائلة إلا أن هذا الفرض ثبت فيما بعد عدم صحته .

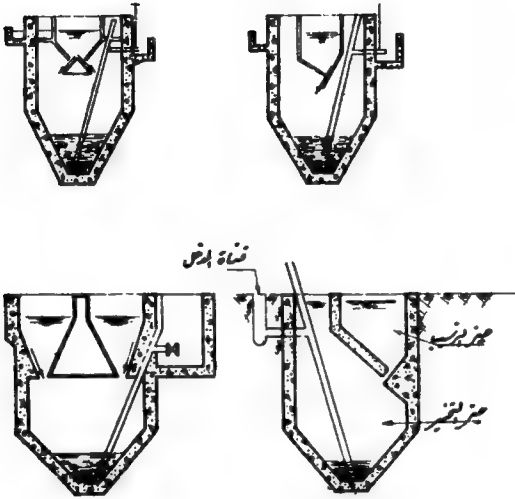
وتصمم مخارج كل من الغرف العليا والسفلى بحيث تبقى المخلفات السائلة في الغرف العليا مدة حوالى ساعتين وفي الغرفة السفلى مدة حوالى ثمانية ساعات وتخرج الماء من الغرف العليا ليتخلص منها مباشرة دون علاج آخر — أما الماء الخارج من الغرفة السفلى فيمر في غرفة رابعة في نهاية الحوض لتبقى فيها مدة تتراوح ما بين ثلاثة وخمسة ساعات لمزيد من الترسيب .

أما الرواسب المتجمعة في قاع الغرفة السفلى فيحب جزء منها مرة كل فترة لا تقل عن أسبوع .

وأحواض ترافس لم تاق انتشاراً في الاستعمال كما أن الرواسب المجمعة فيها لم تكن في وقت من الأوقات كاملة التحلل ومن الأماكن القليلة التي استعملت هذه الأحواض مدينة القاهرة في أعمال معالجة المخلفات الدائلة في الحبل الأصفر .

٢ — أحواض أمهوف (Imhoff tank) :

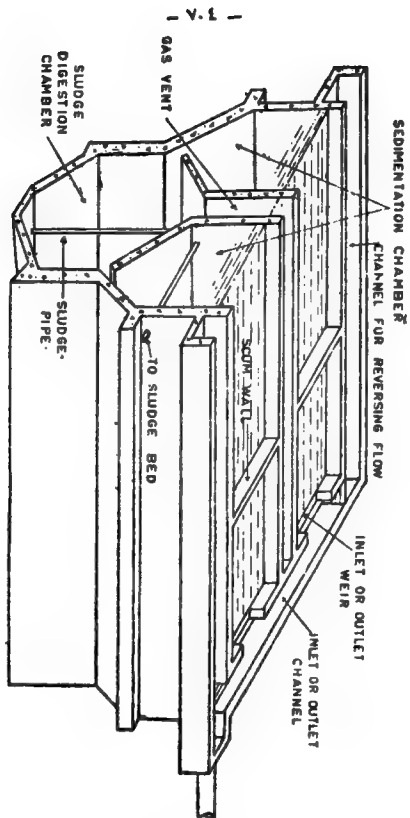
وهو كما ذكر حوض تحليل ذو طابقين تستعمل الغرفة العليا للترسيب والغرفة السفلى تستقبل الرواسب من الغرفة العليا لتحتفظ فيها مدة كافية لتحللها تصل إلى شهرين أو أربعة أشهر (شكل ١٨ — ٢٤) وأول من انشاء هذه الأحواض هو دكتور كارل امهوف (Dr. Karl Imhoff) في مدينة



شكل رقم ١٨ - ٢٤

أمشير بألمانيا (Emscher) ولذلك تسمى أحيانا أحواض أمشير والشكل رقم (١٨ - ٢٤) بين قطاعات مختلفة في أحواض أمهير .

والخوض ينقسم إلى طابقين بطول الخوض والطابق العلوي يتكون أما من غرفة واحدة أو من غرفتين إلا أنه يجب أن يكون قاع الطابق العلوي على شكل حرف V لمنع تراكم الرواسب على جانبي القاع - وفي أسفل قاع الغرفة العليا يوجد عدد من الفتحات تنفذ منها الرواسب إلى الغرفة السفلى (شكل ١٨ - ٢٥) .



وتصمم الغرف العليا في حوض أمهوف بحيث تكون مدة المكث فيها ساعتين . بحيث ينظم دخول الماء وخروجه إلى ومن حائبي الحوض أما الغرفة السفلى فتصمم بحيث تسرع الرواسب المتجمدة لمدة تراوح من شهرين إلى أربعة أشهر - وتتوقف هذه المدة على درجة الحرارة وتعتبر درجة حرارة ٢٥° - ٣٧° مئوية أنسب درجة لتحلل المواد العضوية في الرواسب .

وتوصى بعض المواصفات على الآتي بالنسبة لأسس تصميم أحواض

أهمها :

- ١ - مدة بقاء الماء في الغرف العليا : ساعتين ونصف .
- ٢ - معدل التحميل السطحي للغرفة العليا ٢٠ - ٣ متر^٣ / ٣٠ متر^٢ / يوم
- ٣ - حجم الغرفة السفلى = ٥٠ - ٩٠ لتر للشخص .
- ٤ - ميل جوانب قاع الغرفة العليا = ٤٥° - ٦٠° مع الأفقى .
أى أن الميل مع الأفقى يتراوح من ١ : ١ إلى ١ : ١,٧ .
- ٥ - العمق الكلى للحوض لا يقل عن ٥ متر .
- ٦ -
$$\frac{\text{مساحة فتحات سحب الغاز}}{\text{المساحة الكلية للمستطاع الأفقى للحوض}} = ١٥\% - ٢٥\%$$
- ٧ - قطر الفتحات ما بين الغرفة العليا والسفلى = ١٥ - ٢٥ متر
- ٨ - ميل جوانب قاع الغرفة السفلى : ٣٠° - ٤٥° مع الأفقى .
- ٩ - مسافة التطابق (over lap) أمام الفتحات لمنع تسرب الغازات المتصاعدة إلى الغرفة العليا : ١٥ - ٢٠ متر .
- ١٠ - عرض الغرفة العليا لا يزيد عن عشرة أمتار .
- ١١ - نسبة الطول إلى العرض = ٣ : ١ - ٥ : ١ .

١٢- المسافة الرأسية من أعلى منسوب للرواسب في الغرفة السفلى ومنسوب الفتحات بين الغرفتين وتسمى (neutral zone) : ٥٠ سنتيمتر .

وتبلغ كفاءة أحواض أمهوف :

إزالة المواد العالقة ٤٥ - ٦٠ %

خفض الأكسجين الحيوى المتبقى ٢٥ - ٤٥ %

مقال : المطلوب تصميم أحواض أمهوف اللازمة لمعالجة ٧٦٠٠٠ متر مكعب من المخلفات السائلة يوميا وذلك باستعمال أسس التصميم السابقة .

الحل :-

(أ) تصميم حجرات الترسيب :

$$\text{حجم الحوض (الغرفة العليا)} = \frac{٧٦٠٠٠ \times ٢,٥}{٢٤} = ٧٩١٠ \text{ متر}^٣$$

$$\text{المساحة السطحية للحوض} = \frac{٧٦٠٠٠}{٢٥} = ٣٠٣٠ \text{ متر}^٢$$

وبفضل أن تزيد عن ذلك ولتكن ٣١٥٠ متر

$$\therefore \text{العمق المتوسط للغرفة العليا} = \frac{٧٩١٠}{٣١٥٠} = ٢,٥٠ \text{ متر}$$

وباختيار عدد الأحواض = ١٠

$$\therefore \text{المساحة السطحية لكل حوض} = ٣١٥ \text{ متر}^٢$$

وباختيار عرض الحوض = ٩ متر يكون الطول ٣٥ متر وبذلك تتفق النسبة بين الطول والعرض مع أسس التصميم . على أنه يمكن تقسيم حيز الترسيب إلى غرفتين عرض كل منهما ٤,٥ متر أو جعلها غرفة واحدة .

وباعتبار مساحة فتحات سحب الغاز تساوى ٢٠ % من المساحة الكلية للحوض .

∴ المساحة الكلية لفتحات سحب الغاز = $٠,٢٠ \times ٣١٥ = ٧٣$ متر^٢

ولما كان طول فتحات سحب الغاز يساوى طول الحوض

∴ عرض فتحة سحب الغاز = $٧٣ \div ٣٥ = ٢,٠$ متر (تقريباً)

∴ العرض الكلى للحوض :

٩- عرض حجرة أو حجرات الترسيب

٢- عرض فتحة أو فتحات سحب الغاز

٠.٧٠ عرض الحوائط بين حجرات الترسيب وحجرات سحب الغاز

١١.٧ متر

ولما كان التعرف للحوض الواحد = ٧٦٠٠ متر^٣/يوم

= $٥,٣٤$ متر^٣/ثانية

∴ السرعة الأفقية في حجرة الترسيب = $\frac{٥,٣٤}{٢,٥ \times ٩,٠}$

= $٠,٢٤$ متر/الدقيقة

وهو في حدود المسموح إذ يقل عن ٣٠ سم/الدقيقة .

وباختيار جوانب غرفة الترسيب نبحث تميل مع الأفقى بنسبة ١ : ١.٤

فإن ارتفاع الجزء المائل من جوانب غرفة الترسيب

= $٢.٢٥ \times ١.٤ = ٣.١٥$ متر

وبذلك يكون ارتفاع الجزء الرأسى : ٠.٩٣ متر يضاف إلى ذلك $٠,٤٧$ متر

(free board) فيكون الارتفاع الكلى للجزء الرأسى من حجرة الترسيب

= ١.٤٠ متر .

(ب) تصميم حجرات التخثير :

التصرف الكلى ٧٦٠٠٠ متر^٣/يوم

فاذا اعتبرنا أن معدل التصرف للشخص الواحد في اليوم يساوى ٣٠٠ لتر يكون عدد السكان الذين يتخدمهم الأحواض = ٢٥٠٠٠٠ نسمة أى أن كل حوض يتخدم ٢٥٠٠٠ نسمة .

$$\therefore \text{حجم حجرة التخجير} = ٢٥٠٠٠ \times ٥٠ = ١,٢٥٠,٠٠٠ \text{ لتر}$$

$$= ١٢٥٠ \text{ متر مكعب}$$

فاذا شكل القاع على شكل اهرامات مقلوبة فإنه يستوعب ثلاثة
أهرامات :

$$\text{ابعاد قاعدتها العليا} = \text{عرض الحوض} \times \frac{\text{طول الحوض}}{٣}$$

$$= ١١,٧ \times ١١,٧٠ \text{ متر}$$

$$\text{وابعاد قاعدتها السفلى} = ١ - - ١ \text{ متر}$$

$$\text{وارتفاعها} ٣,٢٥ \text{ متر (الزاوية مع الأفقى } ٣٠ - ٤٥^\circ)$$

$$\therefore \text{حجم الأهرامات الثلاثة} =$$

$$= \frac{٣}{٣} \times (١ \times ١١,٧ + ٢١ + ٢١١,٧) \times ٣,٢٥$$

$$= ١٤٨.٥ \times ٣,٢٥ = ٥٠٠ \text{ متر مكعب}$$

ولما كان الحجم الكلى لحجرة التخجير = ١٢٥٠ متر مكعب

$$\therefore \text{حجم حيز التخجير فوق الأهرامات المقابوة} = ١٢٥٠ - ٥٠٠$$

$$= ٧٥٠ \text{ متر}^٣$$

$$\therefore \text{ارتفاع حيز التخجير فوق الأهرامات المقلوبة} = ١,٨٧٥ \text{ متر}$$

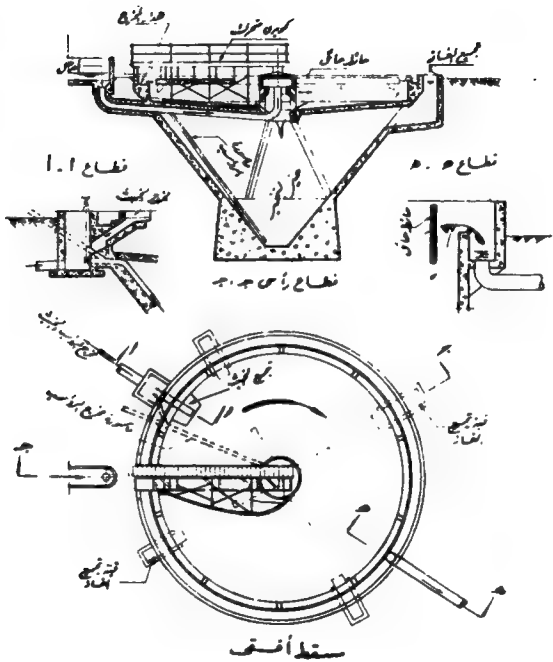
$$= \frac{٧٥٠}{٣٥ \times ١١,٧} = ١,٨٧٥ \text{ متر}$$

وبذلك يكون العمق الكلى للحوض :

| | | |
|---|---|-------|
| ارتفاع الجزء الرأسى لحجرة الترسيب | = | ١.٤٠ |
| ارتفاع الجزء المائل لحجرة الترسيب | = | ٣.١٥ |
| المسافة بين أعلى منسوب الرواسب وانفتحات | | |
| بين غرفة الترسيب والتخخير (neutral zone) | = | ٠.٥٠ |
| ارتفاع حيز التخخير فوق الأهرامات المقابفة | = | ١.٨٧٥ |
| ارتفاع الأهرامات المقلوبة | = | ٣.٢٥ |

١٠,١٧٥ متر

ويبين الشكل ١٨ - ٢٦ قطاع رأس ومقطع أفقى لأحواض امهوف
التي يستعمل فيها التنظيف الميكانيكى . ويتم التنظيف فيه بالزحافات
القطرية أسوة بأحواض الترسيب الدائرية - ثم تنزلق الحمأة إلى حيز التخخير
من فتحة في محور الحوض حيث تبقى الفترة المقررة للتخخير .



شکل رقم ۱۸ - ۲۶

الباب التاسع عشر

اعمال المعالجة النهائية بالمرشحات

Final Treatment Work by Trickling filters

مقدمة ..

والغرض من أعمال المعالجة النهائية وتسمى أحياناً : المعالجة الثانوية Secondary Treatment أو المعالجة البيولوجية Biological Treatment هو تحويل المواد العضوية الدقيقة العالقة والتي لم ترسب في أحواض الترسيب الابتدائي وكذلك بعض المواد العضوية الذائبة إلى مواد ثابتة صعبة التحلل وذلك عن طريق تنشيط البكتيريا الهوائية وغيرها من الكائنات الدقيقة التي تعتمد على الأكسوجين في حيويتها مما تؤدي إلى تثبيت هذه المواد العضوية - ولذلك سميت هذه المعالجة بالمعالجة البيولوجية نظراً لاعتمادها على نشاط كائنات حية للوصول إلى الهدف منها .

وتشمل أعمال المعالجة البيولوجية في محطات المخلفات السائلة على أحد الخطوات الآتية :

١ - حقول أو أحواض البكتيريا Contact Beds .

٢ - المرشحات العادية Standard Trickling Filters

٣ - المرشحات ذات المعدل العالي أو السريعة .

High Rate Trickling filters.

٤ - الحمأة المنشطة Activated Sludge Treatment

على أن المخلفات السائلة بعد معالجتها بأحد الطرق السابقة تمر في أحواض الترسيب النهائية ليرسب فيها المواد العضوية العالقة التي تم تثبيتها .

٥ - مرشحات الرمل Intermittent Sand filter

٦ - بحيرات الأكسدة Oxidation or Stabilization ponds

أحواض البكتريا

Contact Beds

وحقول البكتريا هي أحواض ذات جدران وأرضية صماء مملوءة بالزلط أو كسر الحجارة أو الطوب الصلب - على أن يوجد في قاع الحوض تحت طبقة الزلط شبكة من المواسير المفتوحة الوصلات أو المثقبة - والغرض من هذه الشبكة تفريغ الحوض مما فيه من مخلفات سائلة على فترات - كما يوجد فوق طبقة الزلط شبكة من القنوات الخشبية أو الحديدية لتوزيع المخلفات السائلة في أنحاء الحوض .

تشغيل حقول البكتريا

تشغل حقول البكتريا على دورات متقطعة . فيملأ الحوض بالمخلفات السائلة ببطء وعندما يمتلئ تترك المخلفات في الحوض مدة معينة ثم تفريغ محتويات الحوض ويبقى فارغاً مدة أخرى وهكذا تتكرر الدورة على الخط التالي :

- (أ) مدة الملاء : ساعة .
 - (ب) الحوض ممتلئ : من ساعة إلى ساعتين .
 - (ج) مدة التفريغ : ساعة .
 - (د) الحوض فارغ : من ثلاثة ساعات إلى أربعة ساعات .
- أي أن دورة التشغيل تستغرق من ستة ساعات إلى ثمان ساعات .

نظرية التشغيل

١ - عندما يكون الحوض ممتلئاً ترسب على جدران الزلط أو كسر الحجارة المواد العضوية الدقيقة العالقة في المياه :

٢ - عندما يكون الحوض فارغاً يتخلل الهواء مسام الزلط وتنشط البكتيريا الموجودة في المواد العضوية فتعمل على تثبيت هذه المواد وهكذا تستمر العملية بتكرار تفريغ وملئ الحوض .

٣ - تستمر العملية على هذا المنوال إلا أنه بعد مرور بضع دورات يخرج الماء من الحوض محتوباً بعض المواد العالقة العضوية الأصل والتي فقدت قدرة التصاقها بالزلط بعد أن تحولت إلى مواد غير عضوية ثابتة وبذلك قل ضررها أو كاد ينعدم .

وهكذا يظهر أن أهم فترة في دورة التشغيل هي تلك الفترة التي يقضيها حقل البكتيريا فارغاً إذ تنشط البكتيريا في امتصاص الأكسوجين من الهواء المتخلل مسام الزلط لأكسدة المواد العضوية إلى مواد غير عضوية ثابتة عديمة الضرر تخرج على فترات متقطعة مع المياه الخارجة من الحوض .

ويستحسن إعطاء حوض البكتيريا راحة يوماً واحداً أسبوعياً .

مواصفات وتصميم حقل البكتيريا

العمق : ٧٥ - ١٥٠ سنتيمتر .

حجم الزلط : منتظم قدر الإمكان : ٥ سم - ١٠ سم

كمية الزلط : تتراوح كمية الزلط من ٢.٥ متر مكعب إلى ٥ متر مكعب لكل متر مكعب من المخلفات السائلة .

حجم الحوض : تقسم كمية الزلط المطلوبة على عدد من الأحواض بحيث تتراوح مساحة كل حوض من $\frac{1}{4}$ — $\frac{3}{4}$ فدان وعلى ألا يقل عدد الأحواض عن ثلاثة ويحسن أربعة .

كفاءة أحواض البكتيريا

تركز الفائدة من أحواض البكتيريا في خفض قابلية المخلفات السائلة للتحلل وتصل الكفاءة في هذا الصدد إلى ٦٠ — ٨٠٪ كما تصل كفاءة

ازالة البكتيريا إلى ٧٠ %

الا أنه نظراً للتشغيل المتقطع لهذه الأحواض فقد بطل استعمالها -
ويستعمل بدلا عنها المرشحات الزلط العادية أو السريعة .

المرشحات العادية

Standard Rate Trickling Filters

تتكون هذه المرشحات عن أحواض ذات جدران وأرضية صماء مملوءة بالزلط أو كسر الحجارة أو الطوب الصلب - على أن يوجد في قاع الحوض تحت طبقة الزلط شبكة من المواسير المفتوحة الوصلات . وذلك لصرف المياه باستمرار . كما يوجد فوق طبقة الزلط مجموعة من الرشاشات لرش المخلفات السائلة على سطح الزلط لتنتخلل طبقة الزلط ومنها إلى شبكة الصرف في قاع الحوض .

تشغيل المرشحات

مرشحات الزلط وإن كانت تشابه في الشكل العام أحواض البكتيريا إلا أنها تختلف عنها في طريقة التشغيل . ففي المرشحات ترش المخلفات السائلة على سطح المرشح باستمرار وكذلك تصرف من المرشح خلال شبكة الصرف باستمرار بحيث لا تتسلى مسام الزلط أبداً ، أو أن المسام تكون ممتلئة بالهواء بينما تتخلل المياه المسام مناسبة ببطء على سطح الزلط - مما يتيح الفرصة للمواد العضوية الموجودة فيها أن تلتصق على سطح الزلط مكونة غشاء رقيق من مواد هلامية تحوى الملايين من الكائنات الحية الدقيقة والبكتيريا - لهذا الغشاء الدقيق بما فيه من كائنات حية هو العامل الفعال في معالجة المخلفات السائلة وتثبيت ما فيها من مواد قابلة للتحلل . إذ تقوم البكتيريا

الموجودة في هذا الغشاء بامتصاص الأكسجين من الهواء الموجود في المسام لتؤكد المواد العضوية محولة إليها إلى مواد غير عضوية ثابتة غير قابلة للتحلل . كما يساعد رش الماء على شكل قطرات صغيرة على أن تمتص الماء بعض الأكسجين من الجو أثناء هبوطها على سطح المرشح مما يساعد في عملية الأكسدة هذه .

وتستمر حماية البصاق المواد العضوية على سطح الزلط مع نشاط البكتيريا والكائنات الحية الدقيقة في أكسدة هذه المواد إلى أن يتمقد المواد قدرتها على الالتصاق بسطح الزلط فتنتشر الطبقة الهلامية عن سطح الزلط لتخرج مع الماء من المرشح - هذه الظاهرة هي أحد خصائص المرشحات وهي ما تسمى (unloading) وهي عملية مستمرة طالما يعمل المرشح دون توقف إلا أنها تبطئ واضحة عادة في الربيع حيث يبدأ ارتفاع درجة الحرارة للجو مما يساعد على نشاط البكتيريا في أكسدة وتثبيت المواد العضوية - وكذلك في الحريف وكذلك عند توقف تشغيل المرشح لعدة أيام .
وهذه الظاهرة تساعد على عدم انسداد المرشح .

طرق الرش على سطح الزلط :

توزع اخففات الأسئلة على سطح المرشح بأحد الطرق الآتية :

١ - النافورات الثابتة Fixed Spraying Nozzles

٢ - الموزعات اللاناقه أو الدوارة Rotary distributors

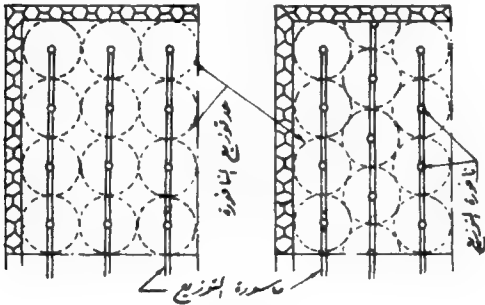
٣ - الموزعات السيارة Travelling distributors

النافورات الثابتة

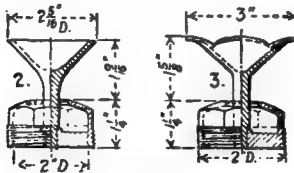
يتم توزيع المياه على المرشح في هذه الحالة عن طريق مجموعة من المواسير المتوازية قطر ٣ - ٤ بوصة توضع على سطح طبقة زلط بحيث تكون المسافة

بين كل منهما متر ونصف وهذه المواسير تتصل جميعها بماسورة رئيسية مغذية وبالراسم العلوي لكل ماسورة عدد من الثقوب قطر بوصة أو بوصة وربع والمسافة بين كل منها متر ونصف كذلك على أن يركب في كل ثقب نافورة رشاشة (شكل ١٩ - ١) لتخرج منها الماء لتعطي مساحة حول الثقب على شكل دائرة . والشكل رقم (١٩ - ٢) يبين قطاع في النافورة الرشاشة .

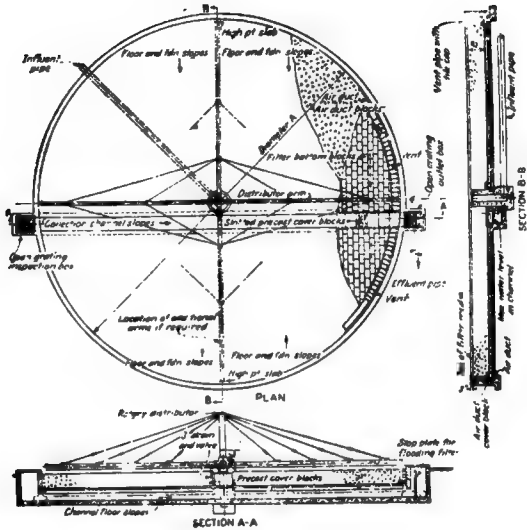
وتتبع هذه الطريقة في المرشحات المستطيلة أو المربعة المسقط الأفقي .



شكل ١٩ - ١



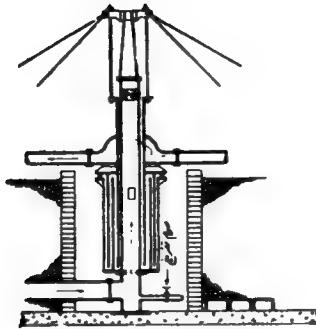
شكل رقم ١٩ - ٢



شكل ١٩ - ٣

الوزنات الثقيلة

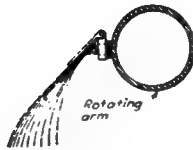
وهي تستعمل في المرشحات الدائرية (شكل ١٩ - ٣) وفي هذه الحالة يتم توزيع المخلفات السائلة على سطح المرشح عن طريق ماسورة مغذية تمتد حتى مركز المرشح لتنتهي بوحدة ترتكز على كرات معدنية (ball bearing) ليحصل دورانها (شكل ١٩ - ٤) ومركب به ماسورتان أو أربعة أفقية تمتد



شكل رقم ١٩ - ٤

في اتجاه قطري حتى يحيط المرشح وينراوح قطر هذه المواسير من بوصتين
للمرشحات الصغيرة إلى ستة بوصات للمرشحات الكبيرة البالغ قطرها
حسب منراً - على أن تتراوح السرعة في هذه المواسير من ٧٥ إلى ١٢٥
سم/الثانية .

وعلى جانب واحد من المواسير الأفقية ثقوب لخروج الماء منها بقوة مما
يؤدي إلى دفع المواسير الأفقية إلى الدوران بفعل قوة الطرد المركزية .
فيديج عنده رش المياه على سطح المرشح - كما يركب أمام الثقوب التي على
المواسير الأفقية أمراض تصطدم بها المياه عند خروجها من الثقوب مما يؤدي
إلى انبثار الماء على شكل أدشاش من قطرات صغيرة ليم سطح المرشح
بالكامل (شكل ١٩ - ٥) .



شكل ١٩ - ٥

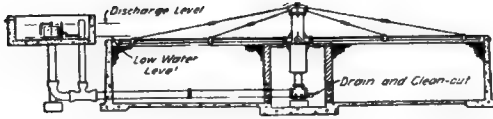
كما يجب أن تكون تقترب على المواسير الأفقية متقاربة عند أطرافه
المواسير وتباعد كلما اقتربنا من مركز المرشح وذلك لأن المساحة التي
تستقبل الماء من كل ثقب تقل كلما اقتربنا من مركز المرشح .

كما يركب أحيانا محرك كهربائي لادارة الأذرع اللقافة لضمان انتظام
الإدارة ورفعاً لكفاءة التشغيل .

أحواض الدفق : (Dozing tanks)

على أنه يجب استعمال أحواض دفق توضع ما بين حوض الترسيب
والمرشحات والفرض من أحواض الدفق هذه تجتمع المياه الخارجة من حوض
الترسيب يخرج دفعة واحدة في المأمورة المهدية لمرشح - وتكرر هذه
العملية مرة كل ٥ - ١٠ دقائق - وبذلك يكون وصول المياه إلى المرشح
بضغط كافى لادارة الأذرع الأفقية بفعل قوة الطرد المركزية : إذ أن
سرطان الماء من حوض الترسيب إلى المرشح رأساً لا يعطيها القوة والدفع
اللازم لتشغيل وإدارة الأذرع الأفقية الدوارة تشغيلاً منتظماً بكفاءة عالية .
(شكل ١٩ - ٦).

ويتراوح الفاقد في عامود الضغط داخل حوض الدفق وفي المواسير منه
حتى المرشح من ٨٠ إلى ١٢٠ سم (أنظر المثال المحلول فيما بعد) .



شكل رقم ١٩ - ٦

إلا أنه لما كان من الضروري خروج المياه من فتحات أذرع التوزيع بدفع كافٍ لادارة الأذرع ورش المياه بانتظام على السطح بأكمله فإنه يجب أن يكون الفرق بين منسوب المياه في حوض التدفق ومحور أذرع التوزيع حوالى ١.٥٠ - ٢.٥٠ متر منها ٠.٨٠ — ١.٢ متر فاقد والباقي هو الدفع اللازم لادارة الأذرع .

الموزعات الصيارية

وهذا النوع من الموزعات يعمل في المرشحات المستطيلة . وفيه ترش المياه على سطح الرأض بواسطة عربة تتحرك ذهاباً وإياباً على قضبان مثبتة على جانبي المرشح .

هذه العربة لها سيفون يستمد الماء الوارد من أحواض الترسيب من قناة ممتدة بطول المرشح وعلى ارتفاع متر عن سطح المرشح ويخرج الماء من السيفون إلى قناة حديدية تحبها أسطوانة أفقية مضلعة الحواشي تلف بقوة ستترط المياه الناشئة من جانب القناة عليها . هذه الاسطوانة متصلة بعجلات العربة . ومن ثم تذيب هذه العجلات مع الاسطوانة فتتحرك العربة على القضبان الحديدية موزعة المياه المذابة على سطح المرشح بالكامل .

فاذا وصلت العربية إلى نهاية المرشح يصطدم مفتاحها بمصد مثبت بقرب نهاية الحوض فتتقلب القناة العلوية بالعربة إلى الجانب الآخر لتسقط المياه على الاسطوانة بالجانب الثاني مسببة انعكاس اتجاه الدوران ومن ثم انعكاس اتجاه سير العربية وهكذا تستمر العربية بحركتها ذهاباً وإياباً في توزيع المياه على سطح المرشح .

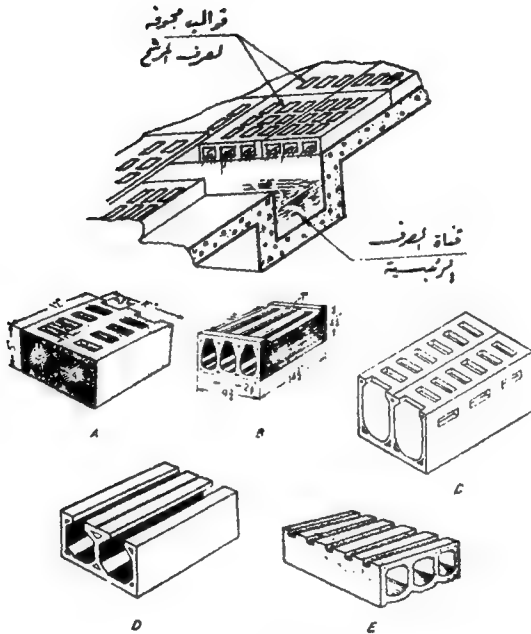
فرق المنسوب بين حوض الترسيب وسطح المرشح :

يلزم لحسن تشغيل الموزعات بأنواعها المختلفة أن يتراوح فرق منسوب الماء في حوض الترسيب عن منسوب سطح المرشح بين متر ونصف ومترين ونصف إذ يلزم أن يكون عامود الضغط المائي في المواسير الدوارة أو على الرشاشات الثابتة ما بين ٧٠ . ١٥٠ سنتيمتراً - وذلك لضمان حسن تشغيل الرشاشات ومن ثم ضمان لجودة كفاءة المرشح .

صرف المياه من المرشحات :

لصرف المياه التي ترش على سطح الترشيح ينفذ قاع المرشح بشبكة من المواسير النصف دائرية مفتوحة الوصلات أو يشكل القاع على هيئة قنوات متوازية مغطاة ببلاطات بها فتحات تسمح بدخول الماء إلى القنوات أو تغطيه القاع بالواح ترتكز على دعائم - وهذه الألواح فتحات تسمح بمرور المياه - مكونة ما يسمى بالقاع الكاذب (False bottom) أو تغطية القاع بقواب مجوفة متوازية سابقة التصنيع (شكل ١٩ - ٧) تشكل قنوات بكامل مساحة مساحة المرشح .

على أن تصب كل من المواسير النصف دائرية أو القنوات المتوازية أو الفراغ تحت القاع الكاذب ما يصل إليه من ماء في قناة رئيسية أما قطرية تمر بمركز المرشح أو محيطية أي بطول محيط المرشح .



شكل رقم ١٩-٧

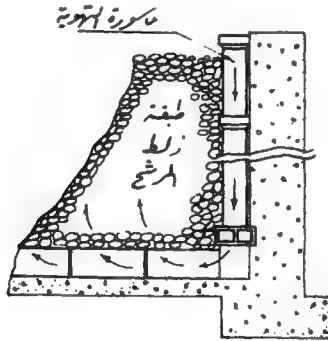
على أنه يجب مراعاة أن يكون ميل هذه القنوات أو المواسير من ١ : ١٠٠ إلى ١ : ٢٠٠ . وكذلك يجب أن تصمم مقاطعات المواسير أو القنوات أو البرام تحت القاع الكاذب أو المصرف الرئيسي بحيث تكون نصف ممتلئة عند حوافها، بهدف التصفية لها وهذا ضروري لحسن تشغيل

المرشح إذ خلال النصف العلوى لقطاع مواسير أو قنوات الصرف يتخلل الهواء الذى يساعد بما فيه من اكسوجين على تذييط البكتيريا والكائنات الحية الدقيقة الأخرى .

تهوية المرشحات :

لما كانت كفاءة المرشحات تنوقف أساساً على نشاط البكتيريا الخوائية والكائنات الدقيقة الأخرى . فإنه لابد من ضمان جودة التهوية فى جميع مسام المرشح . ويتم ذلك بأحد الطرق الآتية :

١ - تركيب مواسير رأسية فى نهاية القنوات . تعمل إن سطح الارتفاع (شكل ١٩ - ٨) .



شكل رقم ١٩ - ٨

٢ - عمل فتحات فى جدران حائط المرشح .

ونتيجة لنشاط البكتيريا والتفاعلات البيولوجية الناتجة من هذا النشاط ترتفع درجة الحرارة فى داخل إن المرشح مما يسبب تصاعد افواه خلال موسم

الزلط إلى أعلى - ومن ثم يملأ علوه الهواء خلال المواسير الرأسية أو الفتحات في حائط المرشح مسدداً تهوية المرشح وبالتالي اعداد البكتر يا بما تحتاجه من أكسوجين .

٣ - تركيب مراوح على مدخل المصرف الرئيسي تدفع الهواء في النصف العلوي للمصرف الرئيسي ومنه إلى قنوات الصرف ومسام الزلط - وتنبع هذه الطريقة إذا زاد عمق المرشح عن مترين - بحيث يكون معدل دخول الهواء إلى المرشح حوالي ٣٠٠ لتر / لكل متر مسطح من مساحة المرشح في الدقيقة .

مواصفات وأسس تصميم الرشحات :

١ - الرشحات إما دائرية أو مستطيلة - على ألا يزيد قطر الرشحات الدائرية عن خمسين متر .

٢ - تبقى الحائط الخرجي للمرشح من الحجر الصاب أو الطوب بالمونة أو الخرسانة - ويفضل أحياناً أن يكون بها فتحات لزيادة التهوية .

٣ - يتراوح عمق المرشح من متر ونصف إلى ثلاثة أمتار (مترين في المتوسط) .

٤ - تصميم شبكات الصرف بحيث تكون نصف مترية .

٥ - حجم حبيبات الزلط منتظمة قدر الإمكان ويتراوح قطرها من ١.٥ بوصة إلى ٣ بوصات .

٦ - معدل رش المخلفات السائلة على سطح المرشح :-

يتوقف معدل رش المخلفات السائلة على سطح المرشح على عدة عوامل :
الأكسوجين الحيوى ، مخلفات السائلة ، كفاءة عملية الترسيب السابقة

للمرشحات ، درجة الحرارة ، عمق المرشح . طريقة الرش على سطح المرشح وكفاءة تهوية المرشح - ومعدل الترشح . يقدر بالحمل الهيدروليكي على سطح المرشح أو بمعدل الأكسوجين الحيوى للمخلفات السائلة لكل حجم معين من الزلط فى المرشح وهو ما يسمى بمعدل التحميل العضوى .

التحميل الهيدروليكي :

$$١.٥ - ٤.٥ \text{ متر مكعب للمتر المسطح / اليوم}$$

$$١.٥ - ٤.٥ \text{ مليون جالون / للفدان / اليوم}$$

التحميل العضوى :

$$٨٠ - ٢٤٠ \text{ كيلوجرام لكل ١٠٠٠ متر مكعب / يوم}$$

$$٥ - ١٥ \text{ رطل لكل ١٠٠٠ قدم مكعب / يوم}$$

$$٢٢٠ - ٦٦٠ \text{ رطل لكل حجم من الزلط قدره فدان قدم}$$

كفاءة المرشحات :

تتوقف كفاءة المرشحات على معدل التحميل العضوى أى كمية الأكسوجين الحيوى لو وحدة الحجم . كما تتوقف على حوض الترسيب النهائى الذى يقب المرشح والمعادلة الافتراضية :

$$E = \frac{100}{1 + 0.0085 \sqrt{275 L}}$$

تعطى الكفاءة المشتركة (Combined efficiency) للمرشح وحوض

الترسيب النهائى حيث :-

$$E = \text{الكفاءة (نسبة مئوية)}$$

$$1 = \text{معدل التحميل العضوى مقسراً بالكيلوجرام لكل ألف}$$

$$\text{متر مكعب / يوم}$$

مزايا المرشحات العادية للمخلفات السائلة

- ١ - أكثر كفاءة من أحواض البكتيريا .
- ٢ - تمكّنها معالجة من ضعف إلى خمسة أضعاف كمية المخلفات السائلة التي تعالجها حقول البكتيريا بالرغم من تساوى مساحتهما .
- ٣ - تتمحمل التغير في تركيب ومحتويات المخلفات السائلة دون تأثير يذكر على كفاءتها .
- ٤ - قلة تكاليف التشغيل .

عيوب المرشحات العادية لمخلفات السائلة :

- ١ - تصعد منها الروائح المنفرة .
 - ٢ - مساحتها كبيرة وتكلفتها الانشائية عالية .
 - ٣ - ينخفض منسوب سطح المرشح عن منسوب الماء في حوض الترسيب بحوالى مترين في المتوسط يضاف إلى ذلك عمق المرشح وهو حوالى مترين في المتوسط وبذلك يكون الفرق بين منسوب المياه في حوض الترسيب ومخرج الماء من المرشح حوالى أربعة أو خمسة أمتار وهو ما يعتبر فاقداً كبيراً في الطاقة التي اكتسبتها المياه برفعها بالطلمبات .
 - ٤ - يتولد فيها الذباب وهذا يمكن الحد منه بغير المرشح بالمخلفات السائلة على فترات مرة كل أسبوع مما يسبب غرق يرقات الذباب .
- مثال :** المصنوب تصميم مرشحات الزلط العادية لمعالجة مخلفات السائلة إذاعاء :

التصريف المطلوب : ٧٦٠٠٠ متر مكعب / يوم
الأكسوجين الحيوى لمخلفات السائلة : ٣٠٠ جزء / المليون .
تم أوجد الأكسوجين الحيوى لمخلفات المعالجة والكفاءة الكلية لعناية المنقبة .

الحل : (١) تصميم المرشح :

الأكسوجين الحيوى للمخلفات الخام = ٣٠٠ جزء/المليون
وبفرض كفاءة حوض الترسيب الابتدائى فى تخفيض الأكسوجين الحيوى
حوالى الثلث . يكون الأكسوجين الحيوى للمخلفات السائلة عند خروجها
من حوض الترسيب هو ٢٠٠ جزء فى المليون .

∴ الأكسوجين الحيوى للمخلفات السائلة الترسيب :

$$= \frac{٢٠٠ \times ٧٦٠٠٠}{١٠٠٠٠٠٠} \times ١٠٠٠$$

$$= ١٥٢٠٠ \text{ كىلو جرام / ليوم .}$$

بفرض معدل تحميل هياكل ليكى = ٢.٥ متر مكعب للمتر المسطح
فى اليوم .

$$\therefore \text{مساحة المرشح} = \frac{٧٦٠٠٠}{٢.٥} = ٣٠٠٠٠ \text{ متر}^٢$$

وباختيار معدل تحميل عضوى = ٢٠٠ كىلو جرام لكل ألف متر
مكعب من الزلط .

$$\therefore \text{حجم المرشح} = \frac{١٥٢٠٠}{٢٠٠} = ٧٦ \text{ ألف متر مكعب}$$

$$\therefore \text{عمق المرشح} = \frac{٧٦٠٠٠}{٣٠٠٠٠} = ٢.٥ \text{ متر}$$

وبفرض قطر المرشح = ٤٠ متر

$$\therefore \text{مساحة المرشح الواحد} = \frac{٣.١٤ \times ٤٠ \times ٤٠}{٤}$$

$$= ١٢٥٦$$

- ٧٢١ -

$$\therefore \text{عدد المرشحات} = \frac{30000}{1256} = 24 \text{ مرشح}$$

$$\therefore \text{التصرف لكل مرشح} = \frac{76000}{24} = 3150 \text{ متر}^2/\text{يوم}$$

$$= 2200 \text{ لتر/الدقيقة}$$

$$= 36.5 \text{ لتر/الثانية}$$

(ب) تصميم مواسير التوزيع :

وباختيار أربعة أذرع لتوزيع المياه على المرشح . وبفرض أن السرعة في هذه الأذرع من ٧٥ - ١٢٥ سم/الثانية

$$\therefore \text{تصرف كل ذراع} = 9 \text{ لتر/الثانية} \text{ ومساحة مقطع كل ذراع} = 110 \text{ سم}^2 \text{ أى أن القطر} = 12 \text{ سم}$$

(ج) تصميم شبكة صرف المرشح :

يفضل أن تغطي أرضية المرشح بالكامل بالقنوات السابقة التصنيع (شكل ١٩ - ٧) على أن توضع بميل ١ : ١٠٠ - وفى ذلك ضمان لسير المياه فيها دون أن تتبلد حتى يتم تهوية المرشح عن طريق الصرف العلوى منها.

أما المصرف الرئيسى المجمع للماء من هذه القنوات فتصمم بحيث تكون السرعة فيها حوالى ٦٠ سم/الثانية وبميل من ١ : ١٠٠ إلى ١ : ٢٠٠ - ولما كان التصرف لكل مرشح = ٣٦.٥ لتر فى الثانية .

$$\therefore \text{مساحة المقطع المائى} = \frac{36500}{60} = 600 \text{ سم}^2$$

وبذلك تكون مقاسات المقطع المائى فى النهاية ٢٥ × ٢٥ سم على أن يشكل القناع بحيث كونه منسوب القناع فى أول المصرف مع منسوب

سطح الماء في نهاية المصرف أى يرتفع ٢٥ سم عن القاع في نهاية المصرف .

ولما كان طول المصرف الرئيسى = قطر المرشح = ٤٠ متر

$$\therefore \text{ميل قاع المصرف} = \frac{25}{100 \times 40} = 1 : 160$$

وهو في الحدود المسموح بها .

على أن يكون يزداد العمق الكلى للمصرف الرئيسى عشرة سنتيمترات بطول المرشح بالكامل فيكون المقطع في البداية ٢٥ × ١٠ سم وفي النهاية ٢٥ × ٣٥ سم - هذه العشرة سنتيمترات بالإضافة إلى ارتفاع القنوات الفرعية السابقة التصنيع مليئة بالهواء المتجدد مما يساعد على تهوية المرشح أنظر (شكل ١٩ - ٧) .

(د) مراوح التهوية :

لما كان عمق المرشح المصمم في هذا المثال ٢.٥ متر فإنه يجب تهويته صناعياً بمراوح تعطى كمية من الهواء =

(معدل انواء / متر^٢ / الدقيقة) × مساحة المرشح

$$= 300 \times 1250$$

$$= 375000 \text{ لتر} = 375 \text{ متر}^3 / \text{دقيقة}$$

(هـ) أحواض الدفق :

$$\text{عدد المرشحات} = 24$$

وباعتبار أن كل حوض دفق يغذى أربعة مرشحات دفعة واحدة .

$$\text{يكون عدد أحواض الدفق} = 6$$

$$\text{سعة حوض الدفق} =$$

$$\text{عدد المرشحات} \div \text{تصرف كل مرشح} \times \text{فترة التشغيل}$$

$$\begin{aligned}
 & 5 \times 2200 \times 4 = \\
 & 44000 \text{ لتر} = 44 \text{ متر مكعب} \\
 \therefore \text{الطول} &= \text{العرض} = 4 \text{ متر} \\
 \therefore \text{العمق} &= 2.75 \text{ متر}
 \end{aligned}$$

(و) ماسورة التغذية من حوض الدفق للمرشح :

$$\begin{aligned}
 & \text{السرعة في الماسورة } 90 \text{ سم/الثانية.} \\
 & \text{التصرف إلى المرشح } 36 \text{ لتر/الثانية.} \\
 \therefore \text{القطر} &= 22.5 \text{ سم} = 9 \text{ بوصة}
 \end{aligned}$$

(ز) الفاقد في عمود الضغط :

من حوض الدفق حتى خروج المياه من مواسير التوزيع الغافة وهو يتكون من عدة بنود :

$$H_1 = \text{الفاقد في سيفون حوض الدفق} = \frac{V^2}{2g}$$

حيث V = السرعة في داخل السيفون وتساوى السرعة داخل ماسورة التغذية = 90 سم/الثانية .

$$\therefore H_1 = \frac{V^2}{2g} = \frac{90^2}{2 \times 980} = 4 \text{ سم}$$

H_2 = الفاقد في اكساب المياه سرعتها في مواسير التغذية وهو أيضاً

$$\text{يساوى } \frac{V^2}{2g} = 4 \text{ سم}$$

H_3 = الانخفاض في منسوب المياه في حوض الدفق نتيجة تملأ مواسير

التوزيع الدوارة (إذا تمزغ من الماء بعد كل دورة تشغيل لحوض الدفق) ويساوى حجم مواسير التوزيع مقسوماً على المساحة السطحية لحوض الدفق ولما كان قطر مواسير التوزيع الدوارة = 12.5 سم

- ٧٣٤ -

وعدد مواسير التوزيع = ٤

وطول مواسير التوزيع = ٢٠ متر

والمساحة السطحية لحوض الدفق = ١٦ متر مربع

وعدد المرشحات التي يتخلفها حوض الدفق = ٤

$$H_9 = \frac{20 \times 4 \times 3.14 \times 4^{0.125}}{16 \times 4} = 4 \text{ م} \quad \therefore H_9 = 4 \text{ م}$$

— H_4 = الفاقد في الاحتكاك في ماسورة التغذية

$$H_4 = \frac{1 \times 20 \times 0.01 \times 4}{0.225 \times 9.8 \times 2} = \frac{418.8}{2 \pi l} \quad \therefore H_4 = 22 \text{ م}$$

حيث r = طول الماسورة = ٢٥ متر

d = قطر الماسورة = ٠.٢٢٥ متر

v = السرعة في الماسورة = ١ متر/ثانية

$$H_4 = 22 \text{ م} \quad \therefore$$

H_5 = الفاقد في المنحنيات داخل ماسورة التغذية وبفرض ثلاثة

منحنيات في الماسورة

$$H_5 = 4 \times \frac{5v^3}{2g} = 8 \text{ م} \quad \therefore$$

H_6 = الفاقد في أذرع التوزيع - ويتوقف على الطول (٢٠ متر) .

والقطر (٠.١٢٥ متر) ونوع القنوب على طول الماسورة ويقدر بحوالى ثلاثين

سنتيمتراً .

وبذلك يكون الفاقد الكلى في عامود الضغط بين حوض الدفق وماسورة

التوزيع =

$$H_6 + H_5 + H_4 + H_3 + H_2 + H_1 = H$$

$$30 + 8 + 22 + 20 + 4 + 4 =$$

$$= 88 \text{ م} \quad (90 \text{ م تقريباً})$$

٢٠. الفرق بين منسوب المياه في حوض التوزيع ومحور أذرع التوزيع
حوالي ١٥٠ سم . منها ٩٠ سم فاقد . ٦٠ سم لدفع المياه خارج الفتحات
بقوة تكفي لانتظام توزيع المياه على سطح المرشح بالاعمال .
(ح) الفاقد في عائدات التصريف من أذرع التوزيع حتى يخرج المرشح :

$$h_1 = \text{المسافة بين محور أذرع التوزيع وسطح المرشح}$$

$$= ٣٠ \text{ سم (من } ١٥ - ٤٥ \text{ سم)}$$

$$h_2 = \text{عمق المرشح وشبكة السرف دناء}$$

$$= ٢.٧٠ \text{ متر}$$

٢١. الفرق الكلي بين منسوب المياه في حوض التدفق ومنسوب المياه

$$\text{في مخرج المرشح} = ١.٥٠ + ٣.٠ + ٢.٧ = ٧.٢٠$$

(ط) كفاءة تشغيل المرشح مع حوض الترسيب النهائي :

$$E = \frac{1.00}{1 + 0.0085 \sqrt{27.5}}$$

$$1. \text{ معدل التحميل العتوى كجم/١٠٠٠ متر ٣ يوم}$$

$$2. ٢٠٠ \text{ كجم/١٠٠٠ متر ٣ يوم}$$

$$E = \frac{1.00}{1 + 0.0085 \sqrt{27.5}} = 84\%$$

٢٢. الأكوام من الجوى للفتحات الخارجة من حوض الترسيب

$$\text{النهائي} = ٢٠٠ (١.٨٤) = ٣٢٢ \text{ جزء بالمليون}$$

$$\text{الكفاءة الكمية لعمارة المعالجة} = \frac{٣٢٢}{٣٠٠} = ١٠٠\% \quad ٩٠\%$$

المرشحات ذات المعدل العالي

High Rate Trickling filters.

وهي تشبه من ناحية المطهر المرشحات العادية فهي أحواض مملوءة بالزلط أو كسر الحجارة - يوجد في قاعها شبكة لتصرف المياه باستمرار ومنزودة بمجموعة من الرشاشات المركبة على موزعات لإفاعة لرش المخلفات السائلة على سطح الزلط لتتخلل طافة الزلط ومنها إلى شبكة الصرف في قاع الخرس إلا أنها تختلف عن المرشحات العادية في طريقة ومعدل التشغيل .

طريقة التشغيل

في هذه المرشحات تخضع المياه القادمة من أحواض الترسيب مع المياه الخارجة من المرشح قبل رشها على سطح الزلط . أى أن عمليات السائلة بعد رشها على سطح المرشح أكثر من مرة وهذا ما يسمى (Recirculation) ولهذا أكثر من فائدة . إذ من المسلم به عموماً أنه إذا اتبعت طريقة إعادة المياه تمر في وحدات التنقية أكثر من مرة - فإن هذه الاعادة ستؤدي إلى تخثر - ركيز المواد العضوية في المخلفات السائلة (الخليط من الخام والمعاد) كما أنها ستزيد من الكثافة الناشطة في المخلفات وهذه ستعمل على أكسدة وتثبيت المواد العضوية في المخلفات السائلة مما يسهل إزالتها فيما بعد - وكذلك تقلل من احتياجات المخلفات السائلة للأكسوجين - ومن ثم يمكن رفع معدل الترشيح ومضاعفته إلى خمسة أو سبعة أضعاف معدل الترشيح العادي أى إلى حوالى خمسة وعشرون متر مكعب للمتر المسطح - وهو ما تنض عاياه المواصفات وأسس التصميم عند اتبع طريقة اعادة المخلفات السائلة تمر في المرشحات أكثر من مرة . وبذلك يمكن تصغير حجم ومساحة المرشحات الزلطية الأمر الذى يوفر كثيراً في التكاليف الانشائية لاشروع .

مزايا المرشحات ذات المعدل العالي :

١ - المياه المعاد رشها تحتوي على عدد كبير من البكتيريا الهوائية النشطة التي تساعد في أداء المرشح لوظيفته في أكسدة المواد العضوية وتثبيتها إلى مواد غير قابلة للتحلل .

٢ - إعادة المياه لرشها على المرشح يتبعه زيادة معدل الرش مما ينتج عنه استمرار تفريغ (unloading) للمواد العضوية التي تم أكسدتها وتثبيتها فلا يحدث انسداد لمسام المرشح .

٣ - تخفيف المخلفات السائلة عند دخولها إلى المرشح يخفف من درجة تركيز المسود العضوية ويزيد من تركيز الأكسوجين فيها ومن ثم يساعد على قيام المرشح بوظيفته .

٤ - إعادة رش المياه على المرشح يزيد من انتظام تشغيل المرشح بصرف النظر عن تغير التصريف الوارد إلى محطة المعالجة أثناء الساعات أو الأيام المختلفة .

إلا أن إعادة رش المياه على المرشح يستلزم وضع محطة طلبات لرفع التصريف الخارج من المرشح وإعادةه إلى منشوب أحواض الترسيب الابتدائية نسبة المياه المعادة للمياه القادمة من أحواض الترسيب :

وهي ما تسمى اختصاراً نسبة الاعادة (Recirculation Ratio) أي النسبة بين كمية المياه التي ترفع بالطلبية بعد مرورها في المرشح لتعود إليه ثانية وكمية المياه القادمة من أحواض الترسيب ولم يسبق أن مرت في المرشح .

وتتوقف هذه النسبة على :

- ١ - درجة تركيز الأكسوجين الحيوى فى المخلفات السائلة .
 - ٢ - الكفاءة المطلوبة من عملية المعالجة .
 - ٣ - عدد مراحل الترشيح أى هل الترشيح على مرحلة واحدة (Single stage) أم على مرحلتين (double stage) .
- والجدول رقم (١٩ - ١) يبين نسبة الإعادة كما يفترحها كل من باخمان ومونتجمرى .

جدول رقم (١٩ - ١)

نسبة الإعادة فى المرشحات ذات المعدلات العالية

| نسبة الإعادة فى كل مرحلة | | |
|-----------------------------|------|-----------|
| الأكسوجين الحيوى | | |
| المتصلب فى المخلفات السائلة | | |
| الخام (جزء / المليون) | | |
| الترشيح على مرحلة واحدة | | |
| الترشيح على مرحلتين | | |
| ٠.٥ | ٠.٧٥ | ١٥٠ - صفر |
| ١.٥ | ١.٥ | ٣٠٠ - ١٥٠ |
| ١.٥ | ٢.٢٥ | ٣٥٠ - ٢٠٠ |
| ١.٥ | ٣.٠ | ٤٥٠ - ٦٠٠ |
| ٣.٥ | ٣.٧٥ | ٧٥٠ - ٦٠٠ |
| ٣.٥ | ٤.٥٠ | ٧٥٠ - ٩٠٠ |

مواصفات وأسس التصميم العامة للمرشحات ذات المعدل العالى :

- ١ - المرشحات دائرية المسط الأفقى على ألا يزيد عن خمسين متراً .
- وتستعمل فيها الموزعات النفاقة .

- ٢ - تبنى الخوايط من الدبش أو الطوب بالمونة أو الخرسانة .
 - ٣ - عمق المرشح يتراوح من متر إلى مترين .
 - ٤ - تصميم شبكات الصرف بحيث تكون نصف ممتلئة .
 - ٥ - معدل الرش على سطح المرشح :
- (١) ١٠ - ٤٠ متر مكعب لمتري المسطح في اليوم بما في ذلك كمية المياه المعادة .

(ب) من ٨٠٠ إلى ٢٠٠٠ كيلوجرام أكسوجين حيوى لكل ألف متر مكعب يومياً وذلك بلون الأخذ في الاعتبار الأكسوجين الحيوى للسائل المعاد .

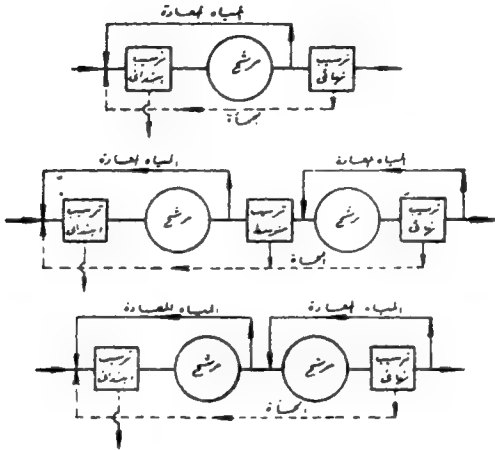
٦ - حجم حبيبات الزلط يجب أن يكون منتظماً قدر الإمكان يجب عمر ٩٥ ٪ من الحبيبات خلال فتحات قطر ٣.٥ بوصة ولا يزيد كمية الحبيبات التي تمر في فتحات قطر ٢.٢٥ بوصة عن ١٥ ٪ من الحبيبات كما لا يمر خلال فتحات قطر ١ ¼ بوصة ما يزيد عن ٥ ٪ من الحبيبات .

ولقد قامت الشركات المهتمة بأعمال معالجة المخلفات السائلة بأنواع طرق مختلفة لإعادة تمرير المخلفات السائلة في المرشحات وسجلت هذه الطرق تحت أسماء خاصة (patent) ومن هذه الطرق :

١ - البيوفلتر (Biofilter) (شكل ١٩ - ٩) :

وتقوم باتباعه شركة دور (Dorr Company) وتميز بإعادة المياه بعد المرشح إن حوض الترسيب الابتدائي - ويكون الترشيح في هذه الطريقة أولاً على مرحلة واحدة (Single stage) وفيها يستعمل مرشح واحد أو على مرحلتين (Double Stage) . وفيها يستعمل مرشحين يشغلان على التوالي وفي هذه الحالة يمكن استعمال حوض ترسيب ١٥ بين المرشحين أو الاستغناء

عن حوض الترسيب ما بين المرشحين ويستعمل الترشيح على مرحلتين
لمعالجة المخلفات السائلة العالية التركيز .



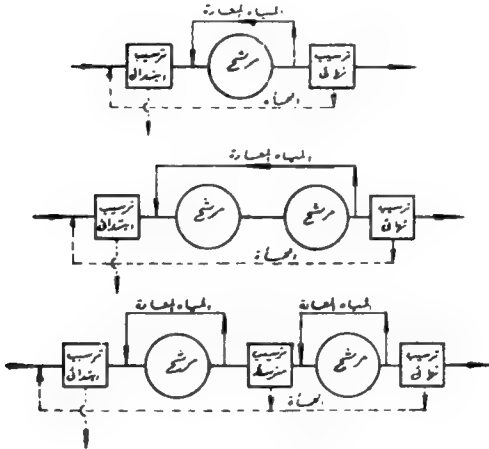
شكل رقم ١٩ - ٩

أسس التصميم :

- عمق المرشح : ٩٠ - ١٥٠ سم
- التحميل الهيدروليكي (ويشمل المياه المعادة)
- : ١٠ - ٤٠ متر^٣/متر^٢/يوم
- التحميل العضوي (ولا يشمل الحمل العضوي من المياه المعادة)
- : ٩٢٥ - ١١٠٠ كيلو جرام
- اكسوجين حيوي/متر^٣/يوم
- كفاءة التشغيل : حوالى ٨٥ %

٢ - الأكسيلوفلتر (Ac-clo filter) (شكل ١٩ - ١٠) :

وتقوم باتباعه شركة (Infilco Company) وتمييز باعادة المياه بعد المرشح مباشرة إلى المرشح رأساً دون أن تمر في أحواض الترسيب الابتدائية أو النهائية مما يؤدي إلى زيادة في نشاط البكتيريا المؤكسدة .



شكل رقم ١٩ - ١٠

ويكون الترشيح في هذه الحالة كذلك إما على مرحلة واحدة أو مرحلتين مع احتمال استعمال حوض ترسيب بين المرشحين أو الاستغناء عن هذا الحوض

أسس التصميم :

عمق المرشح : ٩٠ - ١٨٠ سم (١٥٠ سم في المتوسط) .
التحميل الهيدرو ليكي (ويشمل المياه المعادة)

: ١٠ - ٣٠ متر^٣/متر^٢/يوم
التحميل العضوى (ولا يشمل الحمل العضوى من المياه المعادة)
: ٩٢٥ - ١١٠٠ كيلو جرام أكسوجين
حيوى / ١٠٠٠ متر مكعب / يوم .

٣ - الأيروفلتر (Aeofilter) : (شكل ٩ - ١١)

و تقوم به شركة Teomans Brothers وتتميز بإعادة المياه بعد حوض الترسيب
النهائى إلى المرشح . ويكون الترشيح في هذه الحالة كذلك أما على مرحلة واحدة
أو على مرحلتين مع استعمال حوض ترسيب بين المرشحين .

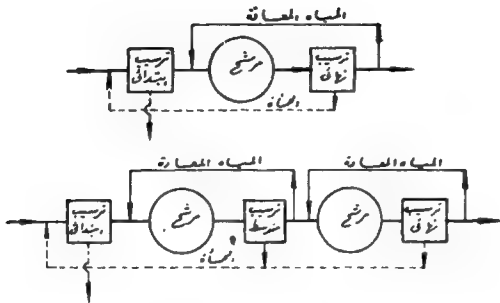
أسس التصميم :

عمق المرشح : ١٥٠ - ٢٤٠ سم عند الترشيح . على مرحلة واحدة .
: ٩٠ - ١٢٠ سم عند الترشيح على مرحلتين
التحميل الهيدرو ليكي (ويشمل المياه المعادة)

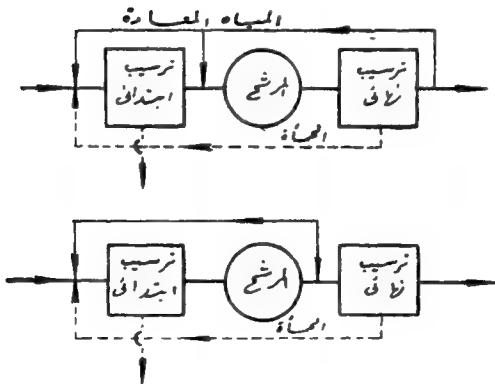
: لا يقل عن ١٣ متر^٣/متر^٢/يوم
التحميل العضوى (ولا يشمل الحمل العضوى للمياه المعادة)
: ١٠٠٠ - ١٢٠٠ كيلو جرام أكسوجين
حيوى / ١٠٠٠ متر مكعب / يوم .

كفاءة لتشغيل : ٧٥ - ٨٠ %

وهناك طرق أخرى لإعادة تمرير المياه على المرشحات (شكل ١٩ - ١٢)



شكل رقم ١٩ - ١١



شكل رقم ١٩ - ١٢

أحواض الترسيب النهائية (Final Settling tanks) :

لما كانت السوائل الخارجة من المرشحات سواء العادية أو السريعة تحتوي على كمية من المواد العالقة خاصة في وقت انقشار الطبقة الغلامية عن سطح الرطل (unloading) فإنه يلزم أن يتبع المرشحات أحواض ترسيب لحجز هذه المواد العالقة قبل التخلص من المخلفات السائلة المعالجة .

ويستعمل لأحواض الترسيب النهائي أحواض الترسيب الرأسية الهرمية أو المخروطية القاع - وهى أحواض إما مربعة أو مستديرة المنسقط الأفقى بميل قاعها زاوية ٤٥ - ٦٠ مع الأفقى حتى تنزل الرواسب إلى رأس المخروط أو الهرم المقلوب - وتسمى هذه الأحواض Durrmand tanks (شكل ٧-٦) .

وتدخل المخلفات السائلة إلى هذه الأحواض عن طريق ماسورة أفقية على مستوى قريب من السطح لتصب في داخل اسطوانة بدون قاع (inlet well) يصل طولها إلى ح. ان ثلث ارتفاع القاع وذلك لتوجيه الماء إلى أسفل ومن ثم تعود فتتجه إلى أعلى متجهة إلى هدار المخرج الذى يوجد بطول محيط الخوض الدائرى . أما في حافة الخوض المربع فإن اهدار يكون من عدة قنوات متوازية تعرض الخوض نصب جميعها في قناة جانبية .

وتخرج الرواسب المتراكمة في رأس القاع الخروصى أو اخرى مدفعة بتأثير ضغط الماء من أسفل إلى أعلى في ماسورة الراسب ذات صماء على المخرج لمحتكم في تشغيلها .

أما أسن تصميم هذه الأحواض :

١ - مدة المكث :

للأحواض بعد المرشحات العادية : من ساعة ونصف إلى ساعتين .
للأحواض بعد المرشحات السريعة من ساعتين إلى ساعتين ونصف .
بما في ذلك المياه المعادة .

٢ - الحد الأقصى لمعدل التحميل السطحي (Max. Overflow Rate) :

- ١ - للأحواض بعد المرشحات العادية : ٩٠٠ جالون/للقدم المربع /اليوم
٤٠ متر مكعب /متر مربع /يوم
- ٢ - للأحواض بعد المرشحات السريعة : ٧٠٠ جالون/للقدم المربع /اليوم
٣٠ متر مكعب /متر مربع /يوم

بما في ذلك المياه المعادة .

وتحجز هذه الأحواض ٦٠ ٪ من المواد العالقة التي تصل إليها أما الأكسوجين الحيوى للسائل عند خروجه فيقل ٤٠ ٪ عن الأكسوجين الحيوى للسائل عند دخوله في الخوض .

كفاءة المرشحات السريعة :

تتوقف كفاءة المرشحات على معدل التحميل العضوى ، النسبة بين المياه المعادة والمياه الواردة من حوض الترسيب الابتدائى وكذلك على تشغيل حوض الترسيب النهائى - والمعادلة الاقتراحية :

$$E = \frac{100}{1 + 0.0085 \sqrt{2.7 \frac{W}{VF}}}$$

تعطى الكفاءة المشتركة (Combined efficiency) لمرشح وحوض الترسيب النهائى . حيث :

$$E = \text{كفاءة المرشح (نسبة مئوية)}$$

$$W = \text{الحمل الأكسوجين الحيوى على المرشح كيلوجرام/يوم}$$

$$V = \text{حجم المرشح بالألف متر مكعب}$$

$$\frac{1 + R}{(1 + 0.1R)^2} = F$$

R = النسبة بين المياه المعادة والمياه الواردة من حوض الترسيب الابتدائي أى نسبة الاعادة .

مثال :

المطلوب تصميم مرشحات الزلط السريعة المعدل اللازمة لمعالجة المخلفات السائلة إذا علم :

التصرف المطلوب معالجته : ٧٦٠٠٠ متر مكعب /يوم

الأكسوجين الحيوى للمخلفات السائلة الخام : ٣٠٠ جزء /مليون

الأكسوجين الحيوى بعد المعالجة الكاملة يجب ألا يزيد عن ٥٠ جزء فى المليون .

الحل :-

(١) تصميم المرشح :

بفرص ان كفاءة أحواض الترسيب الابتدائية فى تخفيض الأكسوجين الحيوى حوالى الثلث . يكون الأكسوجين الحيوى بعد الترسيب = ٢٠٠ جزء فى المليون .

$$\frac{76000 \times 200}{1000000} = \text{الأكسوجين الحيوى الاجمالى} \quad \therefore$$

$$= 152 \text{ طن /يوم}$$

$$= 15200 \text{ كيلوجرام /يوم}$$

الأكسوجين الحيوى بعد الترسيب الابتدائي = ٢٠٠ جزء /المليون

الأكسوجين الحيوى بعد المعالجة الكاملة = ٥٠ جزء /المليون

$$\frac{50 \times 200}{200} = \text{كفاءة المرشح والترسيب التام} \quad \therefore$$

$$= 75\%$$

وبالرجوع إلى المعادلة الموضحة لكفاءة المرشح وحوض الترسيب
النهائي :-

$$E = \frac{1}{1 + 0.0085 \sqrt{2.7 \frac{W}{VF}}}$$

$$\% ٧٥ = E$$

$$١٥٢٠٠ = W \text{ كيلوجرام/يوم}$$

أما قيمة $F \cdot V$ فغير محددين. كما نجد أن قيمة F تعتمد على نسبة الإعادة R
كما في المعادلة :

$$F = \frac{1 + R}{(1 + 0.1 R)^2}$$

ومن هنا وجب تحديد أو اختيار قيمة R لتحديد قيمة F ومن ثم
تحديد قيمة V .

$$2 = R \text{ وباختبار قيمة}$$

$$F = \frac{1 + 2}{(1 + 0.2)^2} \therefore$$

$$= 2.08$$

وبالتعويض في معادلة كفاءة المرشح :

$$\therefore 75 = \frac{100}{1 + 0.0085 \sqrt{2.7 \times \frac{15200}{2.08V}}}$$

$$\therefore V = 12.5$$

$$\therefore \text{حجم الزلط} = ١٢٥٠٠ \text{ متر مكعب}$$

$$\therefore \text{كمية المياه على الموشوشة على المرشح} =$$

$$Q (1 + R) =$$

$$(2 +) ٧٦٠٠٠ =$$

$$= ٢٢٨٠٠٠ \text{ متر مكعب يومياً}$$

وبفرض أن التحميل الهيدروليكي على المرشح يساوى ٣٠ متر^٣/متر^٢ يوم . بما فى ذلك المياه المعادة .

$$\therefore \text{المساحة اللازمة للمرشح} = \frac{228000}{30} = 7600 \text{ متر مربع}$$

وباختيار ستة مرشحات فإن مساحة كل مرشح = ١٢٦٠ متر^٢ وبذلك يكون قطر كل مرشح = ٤٠ متر .

$$\therefore \text{عمق المرشح} = \frac{12500}{7600} = 1,65 \text{ متر}$$

(ب) تصميم مواسير التوزيع :

(ج) تصميم شبكات الصرف :

ينبع فى ذلك نفس الخطوات التى اتبعت فى مثال تصميم المرشحات ذات المعدل العادى .

ملحوظة : بمقارنة حجم المرشحات العادية فى المثال السابق وحجم المرشحات السريعة فى هذا المثال لنفس التصرف نجد أن حجم المرشحات العادية حوالى ستة أضعاف حجم المرشحات السريعة وفى ذلك اقتصاد كبير فى التكاليف الانشائية .

(د) محطات رفع المياه المعادة :

$$\text{نسبة الاعادة} = 2$$

$$\dots \text{تصرف الطلبات} = 2 \times 76000$$

$$= 152000 \text{ متر}^3/\text{يوم}$$

$$= 1080 \text{ متر}^3/\text{دقيقة}$$

على أنه يجب اختيار وحدات الرفع بحيث يمكنها رفع ضعف هذه الكمية

... التصرف التصميمى لمحطات كلفة المياه من أحواض الترسيب

النهائية إلى المرشحات يساوى ٢٠٠٠ متر^٣/الدقيقة .

مقارنة بين نوعي المرسحات للمخلفات السائلة :

يبين الجدول التالي رقم — مقارنة المواصفات الرئيسية للمرسحات العادية السريعة

| المرسحات السريعة | المرسحات العادية | المواصفات |
|--|--|--|
| ١٠ - ٤٠ متر مكعب لسمتر سطح زوا بما في المياه المعادة | ١٠ - ٣٠ متر مكعب للفترة المضح | الحمل افيروبوليكي |
| ٨٠٠ - ٢٠٠٠ كلوجرام أكسوجين حيوي لأشتر متر المكعب يوميا بدون الأخذ في الاعتبار المياه المعادة . | ١٥ - ١٠٠ كلوجرام أكسوجين حيوي للفترة المكعب يوميا . | الحمل العضوي |
| أقل من ١٥ ثانية - أي تغذية مستمرة باستمرار | حوالي خمسة دقائق | الفترة بين دورات التغذية |
| بني اللون - غير كاملة الأأكسد . ذات حببيات دقيقة سهلة التخمير | سوداء . كاملة التأكسد ذات حببيات دقيقة خفيفة | مخروج المواد من المرشح الرواسب المختلفة في حوض الترسيب النهائي |
| غير كامل التحول إلى أزونات | كاملة التحول إلى أزونات | السائل الخارج من حوض الترسيب النهائي |
| لا يصل إلى أقل من ٣٠ جزء / المليون | قد يصل إلى أقل من ٢٠ جزء في المليون | الأكسوجين الحيوي للسائل بعد الترسيب النهائي |

البَابُ العِشْرُون

المعالجة النهائية بطريقة الحمأة المنشطة

Activated Sludge Treatment

المعالجة بالحماة المنشطة

Activated Sludge Treatment

تم معالجة المخلفات السائلة بطريقة الحماة المنشطة بهوية وتقليب هذه المخلفات بعد خلطها بنسبة معينة من الحماة المنشطة - وهى الرواسب التى تمسكت فى حوض الترسيب النهائى - فى أحواض خاصة تسمى أحواض التهوية (aeration tank) وينتج عن ذلك امتصاص الخليط للأكسوجين من الهواء . واستعمال البكتيريا الهوائية وكائنات دقيقة أخرى هذا الأكسجين فى تثبيت المواد العضوية العالقة والذائبة وتحويلها إلى مواد غير قابلة للتحلل . كما يحدث التقليب المستمر للخليط إلى ترويب المواد العالقة الدقيقة (coagulation) أى تجميع هذه المواد وتلاصقها فى جسيمات أكبر (flocs) يسهل ترسيبها فى حوض الترسيب النهائى (final settling tank) .

ولابد لمعالجة هذه الطريقة من إضافة الحماة المنشطة لمكان ترسيبها فى حوض الترسيب النهائى . نظراً لما تحتويه هذه الحماة من الملايين من البكتيريا الهوائية التى تكون مع غيرها من الكائنات الحية الدقيقة العامل الرئيسى لمعالجة عملية التنقية . وبذلك تختلف طريقة الحماة المنشطة عن طريقة المرشحات الزلطية العادية أو السريعة فى الوسيط الذى تعيش وتتكاثر فيه البكتيريا التى هى أساس نجاح التنقية . فبينما تم تكاثر البكتيريا فى المرشحات الزلطية على سطح الزلط ومن ثم تقوم بأكسدة المواد العضوية التى تلتصق بسطح الزلط أثناء تسرب المخلفات السائلة خلال مسام المرشح . فإن فى هذه الطريقة يتم تكاثر البكتيريا على سطح جسيمات الحماة المعادة من أحواض الترسيب النهائى . ويستمر نشاط هذه البكتيريا واكسدتها للمواد العضوية طالما استمرت الهوية والتقليب . وبعد انتهاء فترة التهوية يمر الخليط إلى أحواض

الترسيب النهائي حيث ترسب الحمأة . ليعود بعض منها إلى حوض التهوية بينما يوجه الباقي لآحواض معالجة الحمأة ثم التخلص منها .

طرق التهوية

Methods of aeration

تم التهوية في آحواض خاصة يلتقى في جانب منها المياه الخارجة من حوض انترسيب الابتدائي مع الحمأة المعادة من حوض الترسيب النهائي . لتبقى في الحوض فترة تراوح من أربعة إلى ثمانية ساعات تنشط فيها البكتيريا الهوائية لتؤدي وظيفتها في أكسدة وتثبيت المواد العضوية .

و يمكن تقسيم التهوية والتقليب إلى ثلاثة أقسام رئيسية :

١ - التهوية بالهواء المضغوط (Compressed air) :

٢ - التهوية الميكانيكية (Mechanical aeration) .

٣ - تهوية بطرق مشتركة (بالهواء المضغوط وميكانيكيا في نفس

الوقت) (Combined aeration) .

وفي أى من هذه الآحواض يجب أن تتوافر الشروط الآتية :

١ - توافر الأكسجين في جميع أنحاء الحوض لتأكيد نشاط البكتيريا الهوائية في أكسدة وتثبيت المواد العضوية وتحويلها إلى مواد ثابتة غير قابلة للتحلل بسهولة .

٢ - تقليب مستمر ينتج عنه ترويب المواد العالقة الدقيقة لتكون مواد

أكبر حجماً يسهل ترسيبها في أحواض الترسيب النهائية .

٣ - تغليب بشدة كافية تمنع ترسيب المواد العالقة من الهبوط إلى قاع الحوض خوفاً من تراكم هذه المواد الذي ينتج عنه تعارض مع استكمال عمالة الأكسدة .

كما يمكن تقسيم المنحة التي يؤديها حوض التهوية إلى ثلاثة مراحل :

١ - الترويق (Clarification) :

وهي المرحلة الأولى - وتتميز ذلك بحاذب التسريع بين جزيئات المواد العضوية ولا يشترط أن يسود الأكسوجين فيها وتكفي مادة الترويح من ١٥ - ٤٥ دقيقة للحصول على نتائج حسنة في هذا المرحل .

٢ - الأكسدة (Oxidation or activation) :

وهي المرحلة الثانية - وتمه الأكسدة بفعل القوى البيولوجية وترويق البكتيريا بكمية من الأكسوجين لتنشيطها والاحتفاظ بها نقطة باستمرار - وتنتهي عملية الأكسدة بسرعة عالية ثم تأخذ في الإبطاء قليلاً لمدة تتراوح عن ساعتين إلى خمسة ساعات ثم تأخذ سرعتها في الهبوط باستمرار .

٣ - النترت (Nitrification) :

وهذه تبدأ بانتهاء الخطوة الأولى (الترويق) وبعد أن بدأت عملية الأكسدة في الحوض بفترة قصيرة وتستكمل هذه المرحلة بعد فترة تصل إلى ثمانية ساعات أحياناً .

التهوية بالهواء المضغوط

Compressed air aeration

في هذه الطريقة تمزج اغطفات السائلة بعد معالجتها في أحواض الترسيب الابتدائي بنسبة حوالي ٢٠ ٪ من حجمها بالحماة المنشطة السابق

ترسيبها في أحواض الترسيب النهائي . وعلى أن يمر الخليط في أحواض يستمر التقليل فيها بفعل فقائيع من الهواء تخرج من شبكة من البلاطات أو القوالب المسامية مثبتة في قاع الحوض ومتصلة بمجموعة من المواسير يضغط فيها الهواء . وتسمى البلاطات أو القوالب بناشرات الهواء (air diffusers) .

١ - أحواض التهوية ذات التيار الحلزوني :

Spiral Flow aeration tanks

وهذه الأحواض عبارة عن قنوات طويلة يتراوح عرضها ما بين أربعة أمتار ونصف وتسعة أمتار (١٥ قدم - ٣٠ قدم) ولا يزيد عمقها عن أربعة أمتار ونصف (١٥ قدم) والسرعة الأفقية لسير المياه في هذه الأحواض حوالي متر ونصف في الدقيقة (٥ قدم / الدقيقة) فإذا كانت مدة المكث في الحوض أي فترة التهوية ستة ساعات كان الطول الكلي للحوض حوالي ٦٠٠ متر (١٨٠٠ قدم) وبذلك يمكن أن هذا الطول يتم الحصول عليه باستعمال أحواض ذات حوائط حلزونية ثلاثية المياه حول نهاياتها (around the end baffle) - على أن يكون الطول الكلي لمسار المياه حول هذه الحوائط الحلزونية حوالي ٦٠٠ متر .

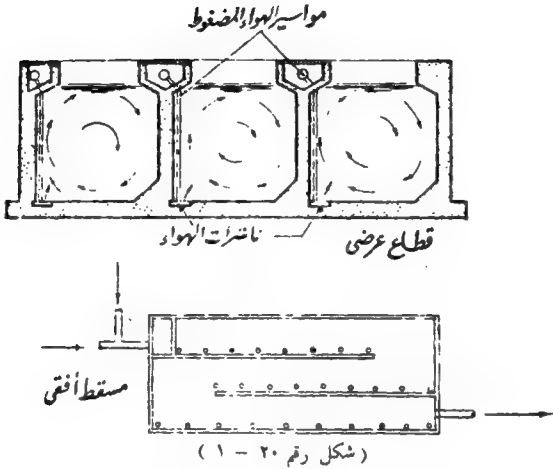
وتوضع قوالب التهوية في هذا التوسيع من الأحواض في أحد جوانب مسار الماء بين الحوائط الحلزونية (شكل ٢٠ - ١) بحيث يسبب مرور فقائيع الهواء إلى أعلى وسير المياه أفقياً حركة حلزونية للمياه أثناء مرورها في الحوض ومن ثم سميت هذه الأحواض بالأحواض ذات التيار الحلزوني .

٢ - أحواض التهوية ذات القنوات :

(شكل ٢٠ - ٢) :

Ridge & Furrow Tanks

وهي أحواض يبنى قاعها على شكل قنوات طويلة مثله القنطرة - على أن توضع في قاع القنوات قوالب التهوية ويسبب مرور الفقائيع إلى أعلى

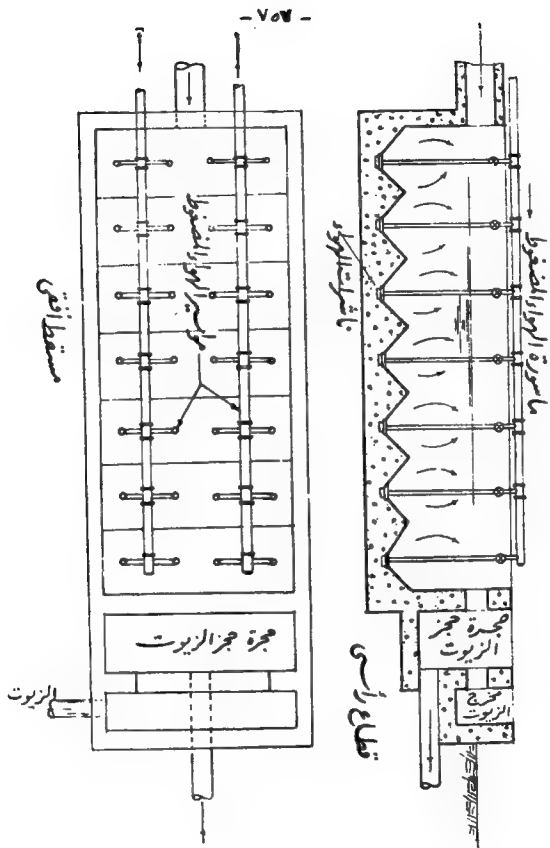


في مساحة أخوض بأكثره تقلب المخلفات السائلة أثناء سيرها في الخوض - وتبقى هذه الأخوض بأعماق حوالي أربعة أمتار ونصف (١٥ قدم) أما النسبة بين الطول والعرض فلا رابط لها ويتحكم فيها طريقة توزيع مواسير التغذية التي تمد بلاطات التهوية بالهواء المضغوط .

أسس تصميم أخوض التهوية

١ - حجم الخوض :

يتوقف حجم الخوض على التصريف الداخل اليه وعلى الزمن مكث هذا التصريف فيه لتهويته - كما يتوقف هذا الزمن على تركيز المسواد العضوية مقدرا بالأكسوجين الحيوى للمخلفات المعالجة في الخوض



وهناك أكثر من اقتراح لتحديد هذا الزمن ومن ثم حجم حوض التهوية . إلا أنه زيادة في الاطمئنان يفضل تطبيق الاقتراحات المختلفة ثم اتباع الاقتراح الذى يعطى أكبر الأحجام .

$$١ - \text{الحجم} = \text{التصرف} \times \text{الزمن}$$

على ألا يقل الزمن عما هو مبين فى الجدول رقم (٢٠ - ١) .

جدول رقم (٢٠ - ١)

مدة المكث فى أحواض التهوية

| التصرف (بليون كمية الحمأة المعادة) | زمن التهوية بالساعة |
|-------------------------------------|---------------------|
| ١٠٠٠ — < ٣٠٠٠ متر ^٣ /يوم | ٧.٥ ساعة |
| ٠.٢ — < ٠.٨ مليون جالون/يوم | |
| ٣٠٠٠ — < ٤٠٠٠ متر ^٣ /يوم | ٦ - ٧.٥ ساعة |
| ٠.٨ — < ١.٠ مليون جالون/يوم | |
| أكثر من ٤٠٠٠ متر ^٣ /يوم | ٦ ساعات |
| أكثر من ١.٠ مليون جالون/يوم | |

$$ب - \text{الحجم} = \text{التصرف} \times \text{الزمن}$$

حيث الزمن = T كما فى المعادلة الافتراضية :

$$B.O.D. = 20 (T + 1)$$

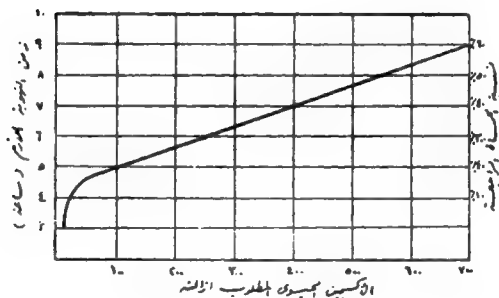
وحيث B.O.D. هو الأكسوجين الحيوى المطلوب إزالته فى حوض

التهوية (جزء فى المليون) .

$$ج - الحجم = C = 1.85 P$$

حيث $P =$ الأكسوجين الحيوى الاجمالى للمخلفات السائلة بعد
انترسيب الابتدائى مقداراً بالكيلوجرام فى اليوم .

د - ويوضح الرسم البيانى (شكل ٢٠ - ٣) العلاقة بين مدة المكث
فى أحواض التهوية ودرجة تركيز الأكسوجين الحيوى الممتص كما تقترحها
بعض المواصفات .



(شكل رقم ٢٠ - ٣)

هـ - وفى نفس الوقت تقترح مواصفات أخرى تحديد حجم حوض
التهوية على أساس ألا يزيد الحمل العضوى المضاف للحوض عن خمسين
كيلوجرام أكسوجين حيوى فى اليوم لكل مائة كيلو جرام مواد عالقة فى
حوض التهوية - وفى هذه الطريقة تشبیه هذه المواد العالقة بالزلط الموجود فى
المرشحات السابق شره .

٢ - نسبة الرواسب (الحمأة) المنشطة المعادة :

وهي كما سبق ذكره تتراوح بين ١٠ ٪ - ٢٥ ٪ من مخلفات السائلة المعالجة في أحواض الترسيب الابتدائي.

والشكل رقم ٢٠ - ٣ يبين العلاقة بين النسبة المثوية للحمأة المنشطة المعادة ودرجة تركيز الأكسوجين الحيوى .

إلا أنه يشترط في بعض المواصفات أن يتراوح تركيز المواد العالقة في خليط مخلفات والحمأة المنشطة المعادة في أحواض التهوية من ١٥٠٠ إلى ٢٥٠٠ جزء في المليون . (٢٠٠٠ جزء في المليون في المتوسط) .

٠٠ . بفرض $x =$ تركيز المواد العالقة في الخليط .

$y =$ تركيز المواد العالقة في الحمأة المعادة .

$z =$ تركيز المواد العالقة في مخلفات انسائبة بعد الترسيب الابتدائي .

$$(a + b) x = by + az \quad \therefore$$

حيث $a =$ تصرف المخلفات السائلة (متر^٣/يوم)

$b =$ تصرف الحمأة المعادة (متر^٣/يوم)

إلا أنه نظراً لصغر قيمة z في المعادلة أعلاه فإنه يمكن إهمال الحد az وبذلك تصبح المعادلة :

$$(a + b) x = by \quad .$$

هذه الحمأة المعادة ترفعها محطة طلبات خاصة من قاع حوض الترسيب
النهائى إلى أحواض التهوية الا أنه يجب اختيار قلعة وحدات الرفع بحيث
يمكنها رفع ضعف كمية الحمأة المقدرة بالطرق السابقة وذلك لضمان حسن
التشغيل إذا احتياج الأمر زيادة فى كمية الحمأة المعادة .

٣ - عمق الخوض :

لا يقل عن ثلاثة أمتار (١٠ قدم) ولا يزيد عن ستة أمتار (٢٠ قدم)
ويفضل أربعة أمتار ونصف .

٤ - عدد الأحواض :

يجب ألا يقل عدد الأحواض فى أى محطة معالجة للمخلفات السائلة عن
اثنين بأى حال من الأحوال .

٥ - عرض الخوض :

يتراوح عرض الخوض ذو التيار الحلزوى من خمسة إلى عشرة أمتار
(١٥ - ٣٠ قدم) بينما لا توجد مواصفات خاصة لعرض الخوض ذو القنوات .
٦ - كمية الهواء اللازم للتهوية :

يجب أن تكون كمية الهواء المستعمل فى التهوية كافية لأن يصل تركيز
الأكسوجين الذائب فى الماء إلى جزئين فى المليون على الأقل وبناء على درجة
تركيز الأكسوجين الحيوى فان كمية الهواء اللازم لاستيفاء هذا الشرط
تتراوح من ٣ إلى ١٢ لتر من الهواء الخمر لكل لتر من المخلفات السائلة .
تدعى للدرجة تركيز الأكسوجين الحيوى للمخلفات السائلة . وقد أدى توقف
كمية الهواء المستعمل فى تهوية على تركيز الأكسوجين الحيوى للمخلفات
السائلة إلى تقدير كمية الهواء المطلوب تدعى لتركيز الأكسوجين الحيوى مباشرة
وفى هذه الحالة تدعى المواصفات على أن تتراوح كمية الهواء المستعمل من

٣٥- إلى ١٠٠ متر مكعب يومية تنس ديلوجرم من الأكسجين الجوى يزال من المخلفات السائلة .

أما ضغط كباسات الهواء فى المواسير فيجب أن يكون كافياً لأن يصل الهواء إلى ناشرات الهواء (air diffusers) فى قاع الحوض تحت ضغط ٠.٥٠ كجم/سم^٢ - بينما تتراوح سرعة الهواء فى المواسير من ٧٠٠ إلى ١٠٠٠ متر فى الدقيقة .

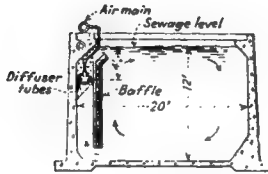
٧ - مساحة ناشرات الهواء (Area of air diffusers) :

وتوضع هذه الناشرات فى قاع الحوض إما على شكل قوالب أو بلاطات على أن تتراوح مساحتها من ١١ إلى ١٢ مساحة قاع الحوض - وهذه القوالب تصنع بواسطة شركات مختلفة بمقاسات ١٢ بوصة × ١٢ بوصة وبسمك بوصة من مواد سليكية تصل مساميتها إلى حوالى ٦٠ ٪ تتميز بارتفاع نفاذيتها للهواء وفى نفس الوقت تتميز بانخفاض مساميتها للمياه الأمر الذى يمنع مرور المخلفات السائلة خلالها إلى مواسير الهواء عند توقف ضغط الهواء فى هذه المواسير لأسباب طارئة . وتختلف كمية الهواء النافذ فى ناشرات الهواء من ٠.٥ إلى ١.٥ متر^٣/متر^٢/الدقيقة .

وتمص المواصفات على أن تكون درجة نفاذية هذه البلاطات ما بين ٤٠ و ٨٠ - أى أن كمية الهواء التى تمر فى بلاطه ١٢ × ١٢ بوصة وبسمك بوصة بين ٤٠ و ٨٠ قدم مكعب /الدقيقة إذا كان فرق الضغط بين سطحى البلاطة يعادل بوصتين من الماء .

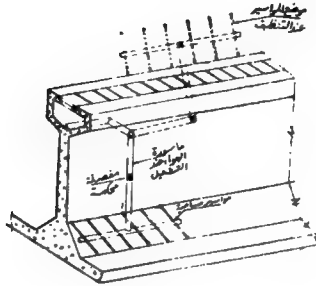
ولقد قامت بعض الشركات المختصة بعمل التعديلات فى البلاطات باشرات الهواء فى أحواض التهوية ومن هذه التعديلات ما قامت به شركة (Link Belt) الأمريكية إذ قامت ببناء حوض تهوية ذو مسار حلزونى

(Spiral flow) باستعمال مواسير مسامية معلقة على منسوب عائى نسبياً بطول أحد جانبي الخوض على أن يبنى بطول هذا الجانب حائط حائل معلق للمساعدة في أحداث الحركة الحلزونية للمخلفات السائلة أثناء سيرها في الخوض (شكل ٤٠ - ٤).



(شكل رقم ٢٠ - ٤)

كما أنه في بعض الأحيان يستغنى عن البلاطات المسامية الماشرة للهواء باستعمال مجموعات من المواسير القصيرة الطول المثقبة أو المسامية على أن تقسم هذه المواسير إلى مجموعات تتصل كل مجموعة بماسورة معلقة رأسياً تعمل إليها اخواء المضغوط - على أن يوجد على كل ماسورة رأسية صمام ومفصلات محكمة لا تسمح بمرور الهواء منها ولكن تسمح برفع الماسورة مع ما يتصل بها من مواسير مسامية وذلك لإصلاحها أو تنظيفها أو تسليط البخيم مما قد يكون قد تراكم عليها وذلك دون أحداث أى اضطراب أو توقف في تشغيل الخوض (شكل ٢٠ - ٥).



(شكل رقم ٢٠ - ٥)

متاعب طريقة المعالجة بالحمأة المنشطة

١ - عدم كفاية التهوية لحفظ تركيز الأكسوجين الذائب في الخليط بحيث لا يقل عن جزء أو جزئين في المليون - فإذا لم يتواجد الأكسوجين بهذا التركيز فلا بد من زيادة كمية افواء أو تقليل كمية اخمأة المعادة .

٢ - عدم كفاية وقت التهوية - وهذا ينتج من صغر حجم الحوض أو اختصار المياه لمسارها في الحوض (Short circuit) وتفادياً لهذه المتاعب لابد من انشاء أحواض جديدة وحتى يتم ذلك يقلل كمية اغلفات الداخلة إلى الحوض بتحويل مسارها إلى التخلص منها مباشرة بعد الترسيب الابتدائي (by pass) . أما اختصار المياه لمسارها فيتم التغلب عليه بإنشاء الخوايط الحائلة اللازمة .

٣ - تزايد ثاني أكسيد الكربون في الخليط في الحوض - الذي ينتج من النشاط البيولوجي في الحوض - فإذا زاد تركيزه في الخليط ربما أدى ذلك إلى خفض في نشاط الكائنات الحية الضروري لاستمرار العملية .

وحلا لهذه المتاعب يمكن إضافة الجير بحيث لا يزيد تركيز النأين الهيدروجيني للخليط عن ٨ .

٤ - تزايد ثنائي أكسيد الكربون في الخليط نتيجة تحلل هوائى للدخلفات السائلة أثناء سيرها في المواسير - وإذا حدث هذا فيمكن معالجته بإضافة الكلور في عدة نقاط في شبكة المواسير أو تهوية المخلفات تهوية ابتدائية في حوض خاص قبل حوض الترسيب الابتدائى.

٥ - تزايد الشحوم إلى حوالى ١٠٪ من احمال الرواسب الموجودة في حوض التهوية . هذه الشحوم ستعمل كحائل بين الأكسجين والمواد العضوية والبكتيريا الموجودة في الرواسب - وحلا لهذا يجب فصل الشحوم في أحواض خاصة قبل أحواض الترسيب الابتدائى.

٦ - تسمم البكتيريا في الخليط نتيجة خفض أو ازدياد درجة النأين الهيدروجينى عن الحدود المسموح بها - ولعلاج ذلك يحفظ النأين الهيدروجينى في الخليط من ٦ إلى ٨ .

أما إذا كان تسمم البكتيريا نتيجة مواد سامة مثل أو الفينول أو غيره فيجب إزالة هذه المواد قبل الوصول إلى شبكة الصرف .

٧ - تكوين زبد أو رغائى على سطح حوض التهوية نتيجة لتزايد في استعمال المنظفات الصناعية الحديثة (detergents) ونتيجة لتواجد هذا الزبد تقل فاعلية التهوية على سطح الماء .

ولعلاج ذلك تضاف الكيماويات المضادة لتكوين الزبد الا أن هذا يكلف كثيراً - ولذلك يكفي برش سطح الحوض برزاز من مخلفات السائلة لتكسير هذا الزبد كما أن زيادة تركيز المواد العالقة في حوض التهوية تؤدي إلى نفس النتيجة .

تعديلات في طرق المعالجة بالحمأة المنشطة بالهواء المضغوط :

تعتبر الطرق السابق شرحها أقدم الطرق لمعالجة المخلفات السائلة بالحمأة المنشطة (Conventional Method) ولا يزال يعتمد عليها في تصميم المحطات الجديدة - إلا أنه نظرًا لما يمتاز به طريقه المعالجة بالحمأة المنشطة من مرونة في التشغيل فلقد أدت الدراسات إلى إدخال بعض التعديلات في أسس التصميم وطريقة التشغيل . ومن هذه الطرق :-

١ - عملية الحمأة المنشطة ذات المعدل العالي : (High rate activated sludge) :

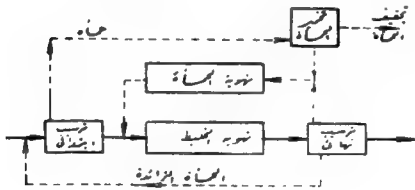
وفي هذه الطريقة يختصر زمن التسيوية إلى ثلاثة ساعات أو أقل . كما تقل نسبة إعادة نضج لا تزيد عن ١٠٪ ليكون تركيز المواد العالقة في الخليط من ٥٠٠ إلى ٧٠٠ جزء في المليون - وفي هذه الطريقة لا تزيد كثافة عملية المعالجة كوحدة متكاملة عن ٦٠ - ٨٠ ٪ . كما أن الحمأة المعادة المرسية في حوض الترسيب النهائي تتحلل بسرعة ولذلك يجب إضافتها إلى حوض التهوية بسرعة دون تخزينها في حوض الترسيب النهائي . أما كمية الهواء اللازمة فحوالي ٥ متر مكعب / متر مكعب من الخليط .

٢ - التهوية المتدرجة (Tapered aeration) :

والمقصود بها هو تغذية المخلفات السائلة في أحواض التهوية بالهواء بمعدلات مختلفة على طول مسار الحوض - فيكون معدل التهوية في الجزء الأول أكبر منه في الأجزاء التالية . وبذلك يصل إلى الأجزاء المختلفة في الحوض كميات من الهواء تناسب مع كمية المواد العضوية القابلة للتأكسد في هذه الأجزاء - إذ من المعروف أن كمية هذه المواد العضوية تتناقص على طول مسار الماء في الحوض نظرًا للنشاط المستمر للبكتيريا في أكسديتها .

٣ - طريقة كراوس (Kraus process) :

وهي من استحداثات شركة Pacific Flush Tank Co. وفي هذه الطريقة يخلط نسبة معينة من الحمأة المخمرة أو السائل الخارج من حوض التخمير أو بعض منهما مع الحمأة المنشطة المرسبة في حوض الترسيب النهائي ثم يهوى المزيج في أحواض خاصة (شكل ٢٠ - ٦) - ثم يذلل المزيج إلى أحواض التهوية العادية حيث يتم تهويته مع المخلفات السائلة السابق معالجتها في حوض الترسيب الابتدائي. وتتميز هذه الطريقة بأنها توفر الغذاء اللازم للبكتيريا كما أنها لا تتأثر بزيادة الحمل عليها - وزيادة على ذلك فإن الأدونيا الموجودة في الحمأة المخمرة أو السائل الخارج من حوض التخمير تتأكسد إلى أزوتيت وأزوتات مما يقلل من متاعب التخلص منها.



(شكل رقم ٢٠ - ٦)

٤ - طريقة التنشيط البيولوجي (Bio Activation Process) :

وتابعها شركة American Well Works. وفي هذه الطريقة تعالج المخلفات السائلة في أحواض ترسيب ابتدائية - يعقبها مرشحات زلط يتراوح عمقها من ٦٠ - ٩٠ سم - يعقبها حوض ترسيب ثانوي - ثم حوض تهوية ثم حوض ترسيب نهائي. وتؤدي هذه الطريقة إلى تحمل العملية للزيادة

الطارئة في الحمل العضوى وكذلك إلى خفض زمن التهوية إلى ساعة أو ساعة ونصف - أما معدل التحميل العضوى على المرشحات فهو ١٠٠ - ١٥٠ كيلوجرام أكسجين جوى لكل ١٠٠٠ متر مكعب / يوم .

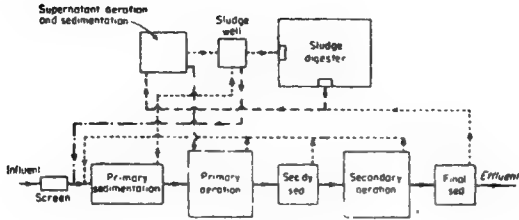
٤ - التهوية مع التلامس (Contact aeration) :

وفي هذه الطريقة تم التهوية بإدخال المخلفات السائلة المعالجة بالترسيب الابتدائى فى أحواض تحتوي على ألواح من الأسيتوس راسبية (سملك ألواح $\frac{1}{4}$ بوصة والمسافة بين كل لوحين ١.٥ بوصة) . وفي نفس الوقت يدفع ألواء إلى قاع هذه الأحواض ونتيجة لذلك يغطى سطح هذه الألواح بطبقة هلامية بها الكثير من البكتائنات الحية الدقيقة الهوائية aerobic zoogloeal film التى تقوم بأكسدة المواد العضوية إلى مواد ثابتة تخرج مع المخلفات بعد تهوية. أسس التصميم :

تحتوى هذه الطريقة على ثلاثة أحواض ترسيب وحوضين تهوية . (شكل ٢٠-٧) .

- مدة المكث فى حوض الترسيب الابتدائى : ساعتين .
- مدة المكث فى حوض التهوية الأول : ٧٥ دقيقة .
- مدة المكث فى حوض الترسيب الثانوى : ساعة
- مدة المكث فى حوض التهوية الثانى : ساعة
- مدة المكث فى حوض الترسيب النهائى : ساعة .
- كمية ألواء اللازمة فى الحوضين : ١٢ متر^٣ لكل متر مكعب من المخلفات السائلة .

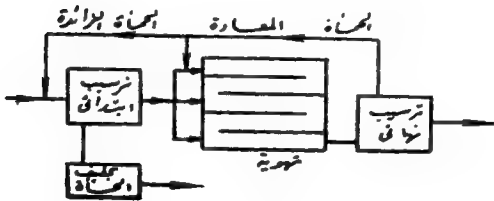
وتسمى هذه الطريقة أحياناً طريقة هايس (Hays) أو طريقة جريفث (Griffith) وقد أثبتت نجاحها نسبياً فى معالجة اخففات السائلة فى العمليات الصغيرة والمتوسطة .



(شكل رقم ٢٠ - ٧)

٥ - التهوية على خطوات Step aeration (شكل ٢٠ - ٨) .

وفيها تضاف المخلفات السائلة إلى حوض التهوية في أكثر من موقع ما يوزد إلى إنتظام الاحتياجات للأكسوجين بطول الحوض ما يساعد على خفض كمية الهواء لتراوح من ٥ إلى ١٠ متر ٣ لكل متر مكعب من المخلفات كما ينخفض زمن مكث الخلط في حوض التهوية إلى ما يتراوح من ٣ إلى ٤ ساعات .



(شكل رقم ٢٠ - ٨)

٦ - التهوية على مراحل أو على التوالي Stage aeration

وفي هذه الطريقة يستعمل حوضين للتهوية يعملان على التوالي بينهما حوض ترسيب . وتعتمد نظرية التشفيل في هذه الطريقة على اتمام الترويب في الحوض الأول ثم اتمام الأكسدة والتأزت في الحوض الثاني . وقد نجحت هذه الطريقة عند اتباع زمن تهوية ساعتين لكل حوض .

كما يمكن تطوير هذه الطريقة باستعمال مرشحات زاط بدلا من حوض التهوية الثاني - وهو وان كان تطويراً غير اقتصادي من ناحية التكاليف . إلا أنه يمكن اتباعه لحل مناعب تشغيل المرشحات المحملة فوق طاقتها وذلك بإنشاء حوض تهوية يعمل بالحماة المشطبة قبل هذه المرشحات .

٧ - التهوية لمدة طويلة (Extended aeration) :

وفي هذه الطريقة تستمر التهوية لاختلط مدة تتراوح من ١٨ إلى ٢٤ ساعة أما مدة المكث في حوض الترسيب النهائي فتتراوح من ٣ إلى ٦ ساعات كما يمكن الاستغناء في هذه الطريقة عن حوض الترسيب الابتدائي .

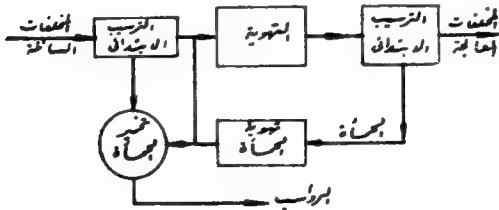
أما نسبة الحماة المعادة فهي حوالى ١٠٠٪ من كمية المخلفات السائلة التي تدخل محطة التنقية . وبذلك يتراوح تركيز المواد العالقة في حوض التهوية من ٥٠٠٠ إلى ٨٠٠٠ جزء في المليون - ويبلغ الحمل القصوى من ٢٤٠ إلى ٦٤٠ جزء في المليون أكسوجين حيوى لكل متر مكعب من سعة حوض التهوية في اليوم - وتبلغ الكفاءة الكلية لهذه الطريقة من ٨٠٪ إلى ٩٥٪ .

إلا أن هذه الطريقة لا ينصح اتباعها إلا للتصريفات للمجموعات المساكن الصغيرة .

٨ - إعادة تنشيط أو تهوية الحمأة (Sludge reeration) :

والمقصود بهذا هو إعادة تنشيط الجزء من الحمأة الذى يسحب من أحواض الترسيب النهائية قبل خلطة مع المخلفات السائلة الخارجة من أحواض الترسيب الابتدائية وتهوية الخليط فى أحواض التهوية ولقد كانت الأسباب التى دعت إلى إعادة تهوية الحمأة أصلاً هو ما كان متبعاً فى بعض محطات معالجة المخلفات السائلة من عدم انشاء أحواض ترسيب ابتدائية مما كان يذبح عنه زيادة كبيرة فى الرواسب التى تتجمع فى أحواض الترسيب النهائية بالإضافة إلى ما كان متبعاً من حفظ الرواسب مدة طويلة فى أحواض الترسيب النهائية . مما نتج عنه حمأة أكثر كثافة تحتوى على رواسب قاربت التعفن (Stale) وبكتيريا هوائية غير نشطة - كل هذا كان مشجعاً لإعادة تنشيط الحمأة بتهويتها فى أحواض خاصة لمدة قد تصل إلى ١٥ ساعة ثم إضافة هذه الحمأة إلى المخلفات السائلة فى أحواض التهوية كما سبق شرحه .

إلا أن ما يتبع حالياً من انشاء أحواض الترسيب الابتدائية وكذلك عدم حفظ الرواسب فى أحواض الترسيب النهائية مدة طويلة قد كانا السبب فى عدم التوسع فى انشاء أحواض خاصة لإعادة تنشيط الحمأة فى عمليات معالجة المخلفات السائلة الحديثة . والاكتفاء بتهوية الحمأة المعادة فى القنوات التى تسير فيها فى طريقها إلى حوض التهوية .



(شكل رقم ٢٠ - ٩)

مثال : المطلوب تصميم أحواض التهوية بالهواء المضغوط لمعالجة المخلفات السائلة بطريقة الحماة المنشطة إذا علم :

- ١ - التصريف المطلوب لمعالجة : ٧٦٠٠٠ متر^٣/يوم .
 - ٢ - المواد العالقة في المخلفات السائلة : ٣٥٠ جزء/المليون .
 - ٣ - الأكسوجين الحيوى للمخلفات السائلة : ٣٠٠ جزء / المليون .
- الحل : (١) ابعاد الخوض :

بفرض كفاءة أحواض الترسيب الابتدائى فى تخفيض الأكسوجين الحيوى حوالى ٣٣٪ .
... الأكسوجين الحيوى للمخلفات عند دخولها أحواض التهوية = ٢٠٠ جزء فى المليون .

∴ الأكسوجين الحيوى الإجمالى للمخلفات

$$= \frac{٧٦٠٠٠ > ٢٠٠}{١٠٠٠٠٠٠} = ١٥.٢ \text{ طن}$$

∴ حجم حوض التهوية = ١.٨٥ × ١٥٢٠٠ (١)

$$= ٢٧٦٧٠ \text{ متر}^٣$$

وبالرجوع إلى الجدول رقم (٢٠ - ١) نجد أن التصريف اليومى أكثر من ٤٠٠٠ متر^٣ ولذلك يكون زمن التهوية ٦ ساعات .

$$\therefore \text{حجم الخوض} = \frac{٦ \times ٧٦٠٠٠}{٢٤} = ١٩٠٠٠ \text{ متر}^٣ \text{ (٢)}$$

وكذلك بالرجوع إلى المعادلة ٣ وبفرض أن الأكسوجين الحيوى المطلوب إزالته هو ١٧٠ جزء فى المليون

$$\therefore ١٧٠ (١ + T) ٢٠$$

$$\therefore T = ١ - \frac{١٧٠}{٧٠.٥} = ٧.٥ \text{ ساعة}$$

$$\therefore \text{حجم الأحواض} = \frac{7,5 \times 76000}{24} = 24000 \text{ متر}^3 \quad (3)$$

أما إذا اعتبر الحمل للمضوى المضاف لحوض التهوية (من حوض الترسيب الابتدائي) هو ٤٠ كيلو جرام لكل مائة كيلو من المواد العالقة الموجودة في حوض التهوية) - ولما كان الأكسوجين الحيوى الاجمالى للمخلفات الخارجة من حوض الترسيب الابتدائى هو ١٥.٢٠ طن .
 . كمية المواد العالقة المطلوبة في حوض التهوية

$$= \frac{15200}{40} \times 100 = 38000 \text{ كيلوجرام}$$

فاذا كان تركيز المواد العالقة في الحوض هو ٢٠٠٠ جزء في المليون .

$$\therefore \text{حجم الحوض} = \frac{38000}{2000} = 19000000$$

$$= 19000000 \text{ لتر}$$

$$= 19000 \text{ متر مكعب} \quad (4)$$

ولكن زيادة في الاحتياط نأخذ القيمة الأكبر من القيم الأربع التى حصلنا عليها أعلاه .

$$\text{أى أن حجم الحوض} = 27670 \text{ متر}^3$$

$$= 4.5 \text{ متر}^3 \text{ فاذا كان العمق}$$

$$\therefore \text{المساحة السطحية} = 6200 \text{ متر}^2$$

$$= 6 \text{ متر} \text{ فاذا كان العرض}$$

$$= 1033 \text{ متر} \text{ الطول} \therefore$$

وبفضل في هذا التصرف أن يؤخذ حوضين كل حوض يمر فيه
 $76000 \div 2 = 38000$ متر^٣/يوم وان يكون طول حوض ٥١٦ متر
 وبعرض ٦ متر وبعمق ٤.٥ متر .

ولكن نظراً لاستحالة انشاء حوض بطول ٥١٦ متر فإن الحوض ينشأ
 مربع تقريباً على أن يقسم إلى قنوات بخوايط حائلة يدور حولها الماء
 around the end baffles - بحيث تغطي مساراً للمياه طوله ٥١٦ متر في
 الحوض الواحد .

(ب) كمية الهواء اللازمة :

على أساس ٧٠ متر مكعب لكل كيلوجرام أكسوجين حيوى ولما كان
 الأكسوجين الحيوى للمخلفات الداخلة في حوض التهوية هو ١٥.٢٠
 طن/اليوم .

$$\therefore \text{كمية الهواء اللازمة} = 15200 \times 70$$

$$= 864000 \text{ متر}^3/\text{اليوم}$$

$$= 10 \text{ متر}^3/\text{الثانية}$$

يضاف إلى ذلك ٥٠ ٪ كاحتياطى

$$\therefore \text{التصرف الإجمالى} = 15 \text{ متر}^3/\text{الثانية} .$$

$$\therefore \text{التصرف الإجمالى لكل حوض} = 7,5 \text{ متر}^3/\text{الثانية}$$

$$\text{وبفرض سرعة الهواء في المواسير} = 12,5 \text{ متر/الثانية} .$$

(من ١٠ - ١٥ متر/الثانية) يمكن إيجاد اقطار مواسير الهواء المغذية
 لكل حوض - والمغذية لكل قناة من قنوات حوض التهوية .

(ج) مساحات تأثيرات الهواء :

على أساس معدل نفاذية الهواء في البلاطات المسامية يساوى
متر^٣/متر^٢/دقيقة .

١٠. مساحة البلاطات المسامية في الحوض

$$= \frac{1}{4} \times 60 = 900 \text{ متر}^2 \text{ (لكل حوض } 450 \text{ متر}^2 \text{)}$$

١١. النسبة بين مساحة البلاطات والمساحة السطحية

$$\text{للأحواض} = 900 : 6200 = 1 : 7 \text{ تقريباً}$$

وهو ما يتفق في المواصفات التي نتصل على أن النسبة تتراوح من $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{3}$
وباستعمال بلاطات 30×30 سم وباعتبار أن حوالى ١ سم من كل
جانب من جوانب البلاطة يفقد مساميته عند التثبيت . فتكون المساحة الصافية
الفعالة للبلاطة هي $28 - 28 \text{ سم} = 784 \text{ سم}^2 = 0.0784 \text{ متر}^2$
١٢. العدد الكلي لبلاطات (في الحوضين)

$$= \frac{900}{0.0784} = 1150$$

كل حوض 575 بلاطة

(د) تنظيم بلاطات ناشرات الهواء :

بفرض توزيع ناشرات الهواء بطريقة التهوية المتدرجة tapered aeration
فأنه يقترح التوزيع الآتى باعتبار أن كل حوض مكون من ستة قنوات :
نصف عدد البلاطات أى 288 في القناتين الأوليين . ثلث عدد البلاطات
أى 192 في القناتين الثانيةين . وسدس عدد البلاطات أى 96 في القناتين
الآخرتين .

(أ) كمية الحمأة الراجعة :

بفرض المواد العالقة في المخلفات السائلة عند خروجها من حوض الترسيب الابتدائي ١٠٠ جزء في المليون وأن المواد العالقة في الحمأة المعادة ١.٥ ٪ أى خمسة عشر ألف جزء في المليون . وأن المطلوب حفظ الخليط في حوض التهوية محتويًا على ٢٠٠٠ جزء في المليون مواد عالقة . فإن :

$$(a + b) 2000 = 15000 b$$

$$\therefore b : a = 1 : 7 = 15 \%$$

حيث a = كمية المخلفات السائلة

b = كمية الحمأة المعادة .

$$\therefore \text{ كمية الحمأة المعادة } = 76000 \times \frac{1}{7}$$

$$= 11000 \text{ متر مكعب يومياً .}$$

∴ التصرف التصميمي لوحدة رفع الحمأة يساوى ٢٢٠٠٠ متر مكعب / يوم .

(و) زمن المكث الفعلى في حوض التهوية :

من الحسابات السابقة يتضح أن :

$$\text{حجم الحوض} = 27670 \text{ متر مكعب}$$

$$\text{التصرف} = 76000 \text{ متر}^3 / \text{يوم}$$

$$\text{الحمأة المعادة} = 11000 \text{ متر}^3 / \text{يوم}$$

$$\therefore \text{ مدة المكث} = 24 \times \frac{27670}{11000 + 76000}$$

$$= 7.5 \text{ ساعات}$$

التهوية بالطرق الميكانيكية

Mechanical Aeration methods

تم التهوية في هذه الحالة باستخدام طرق ميكانيكية تحدث اضطراباً في سطح المخلفات السائلة - هذا الاضطراب يساعد على أن يمتص السائل الأكسوجين من الهواء ومن ثم تقوم البكتيريا الهوائية في استخدام هذا الأكسوجين في أكسدة وتثبيت المواد العضوية .

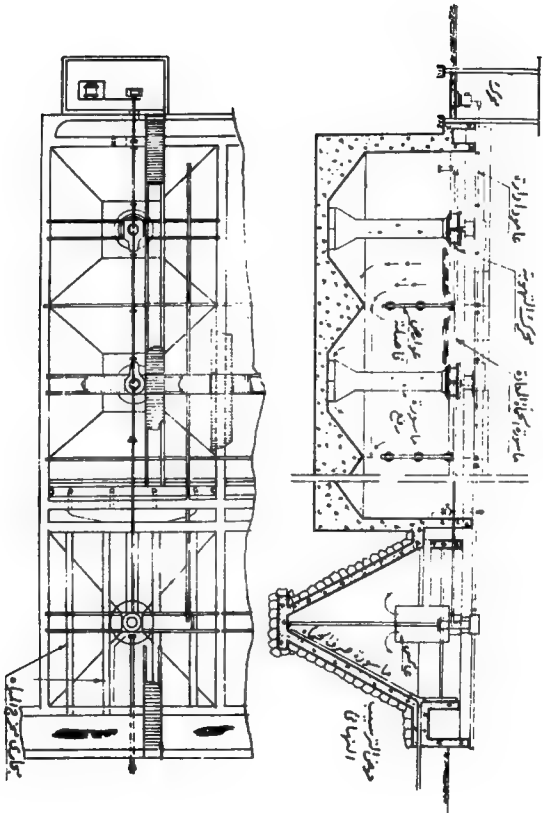
وأهم الطرق المستعملة للتهوية الميكانيكية هي :

١ - طريقة سيمبلكس للتهوية السطحية (Simplex surface aeration) :

وفي هذه الطريقة يتم تهوية المخلفات السائلة المضاف إليها نسبة من الحماة المرسية بأحواض الترسيب النهائية في أحواض خاصة يشكل قاعها على هيئة أهرامات ناقصة مقلوبة وترتفع في رأس كل هرم ماسورة رأسية في نهايتها مروحة بشكل خاص تدور بقوة محرك فيرتفع السائل في الماسورة ويخرج من فوهتها العليا على شكل رزاز . وبذلك تتم عمليتي التقليب والتهوية للسائل (شكل ٢٠ - ١٠) .

وأهم أسس تصميم هذه الأحواض هي :

- ١ - العمق الكلي حوالى خمسة مترات .
- ٢ - القاعدة العاوية للأهرامات المقلوبة حوالى ٧.٥ متر - ٧.٥ متر .
- ٣ - ميل جوانب الأهرام المقلوبة ٤٥° .
- ٤ - القاعدة السفلية للأهرامات المقلوبة حوالى ٢.٥ - ٢.٥ متر .
- ٥ - ارتفاع الهرم المقلوب حوالى ٢.٥ متر .
- ٦ - قطر الماسورة ٠.٧٥ متر إلى ١.٠ متر .



(شکل رقم ۲۰ - ۱۰)

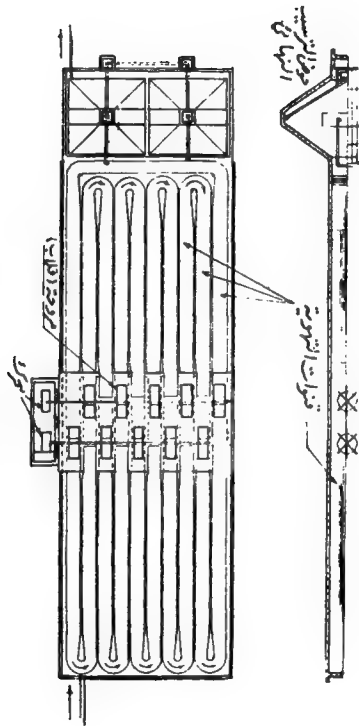
- ٧ - قطر المروحة من ١.٥ متر إلى ٢.٠ متر .
٨ - مدة المكث تتراوح من ثمانية إلى اثني عشر ساعة .
٩ - نسبة الحمأة المعادة ٢٠٪ - ٢٥٪ من المخلفات السائلة .
٢ - طريقة شفلد للتهوية (Sheffield System) (شكل ٢٠ - ١١) :

وقد سميت بهذا الاسم نظراً لأنها استعملت لأول مرة في مدينة شفلد بإنجلترا . وحووض التهوية اللازم لهذه الطريقة يتراوح عمقه من متر إلى متر ونصف مقسم إلى قنوات بواسطة حوائط حائلة - تمر المياه فيما بينها ذهاباً وجيئة لمدة قد تصل إلى اثني عشر ساعة لتتم فيها التهوية من طريق سواقي ذات أزرع حديدية (شكل ٢٠ - ١٢) تدور في القنوات المكونة للحوض حول محاور أفقية لتضرب سطح السائل محدثة فيه الاضطراب اللازم لتلقيبه ويمتص الأكسجين من الهواء .

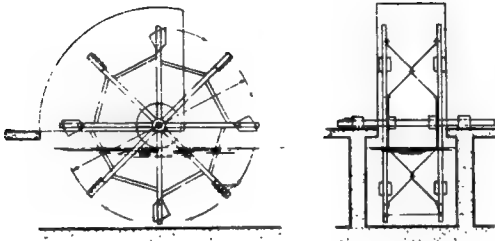
ولما كانت المخلفات السائلة تسير فيما بين الحوائط في اتجاهين مختلفين فان السواقي يلف نصفها في اتجاه والنصف الآخر في اتجاه مضاد - على أن يكون اتجاه سير كل ساقية في اتجاه سير المياه في القناة التي تدور فيها الساقية .

وأهم أسس تصميم هذه الأحواض هي :

- ١ - عمق الحوض : من ١ إلى ١.٥٠ متر .
٢ - عرض القنوات ما بين الحوائط الحائلة تتراوح من متر إلى مترين .
٣ - سرعة سير المخلفات السائلة في القنوات : نصف متر في الثانية .
٤ - سرعة دوران السواقي : ١٢ - ١٨ لفة في الدقيقة .
٥ - قطر الهواقي : ٢.٥ - ٣.٥ متر .
٦ - مدة المكث : من ٨ إلى ١٢ ساعة .
٧ - نسبة الحمأة المعادة : ٢٠٪ - ٢٥٪ من المخلفات السائلة .



(شکل رقم ۲۰ - ۱۱)



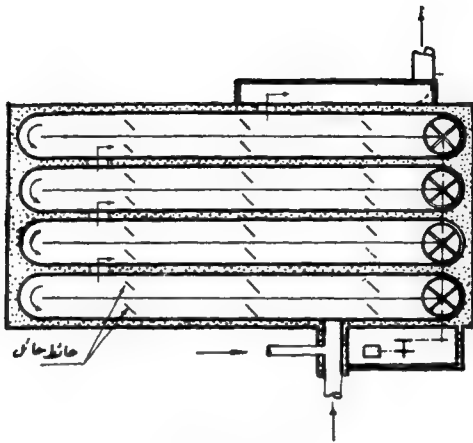
(شكل رقم ٢٠ - ١٢)

٣ - طريقة هارتلى للتهوية (Hartley aeration process) (شكل ٢٠-١٣)

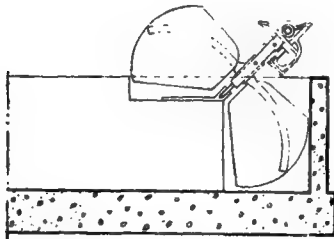
والخوض اللازم للتهوية بهذه الطريقة لا يختلف كثيراً عن الخوض المستعمل في طريقة شفلد فهو خوض مقدم بواسطة حوائط حائلة إلى قنات تسير فيها المخلفات السائلة ذهاباً وإياباً حول الخواض الخائفة - على أنه يوجد في نهاية كل قناتين متجاورتين قناتيات ميكانيكية مائلة النوضع تدور فتعطي المياه أثناء جريانها بين الخواض الحائلة حركة حزوية تسبب اضطراباً في سطح السائل - وهذا بالتالي يشجع على امتصاص السائل الأكسوجين من الجو (شكل ٢٠-١٤) .

٤ - طريقة الفرش المغطاة للتهوية (Brush aeration) (شكل ٢٠-١٥) :

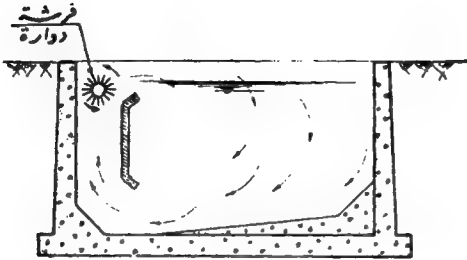
ويتم التهوية في هذه الحالة في أحواض مستطيلة قليلة العمق - مركب على حوائطها الطولية فرش - اسطوانية بحيث تكون نصفها تقريباً مغموراً في الماء - وبطول الخوض يوجد حائط حائل بمجوار الفرش .



(شکل رقم ۲۰-۱۳)



(شکل رقم ۲۰-۱۴)



(شكل رقم ٢٠ - ١٥)

هذه الفرش تدار بواسطة محرك بسرعة كبيرة يتسبب عنها سحب الماء ما بين الحائض الحائل وجدار الخوض لينشر على سطح الخوض على شكل رذاذ - وبذلك تتولد في الخوض حركة مستديرة مما ينتج عنها تهوية للمخلفات السائلة فيه .

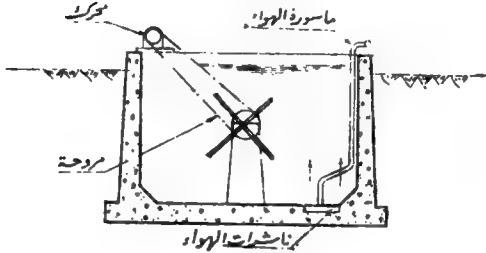
طرق التهوية المشتركة

(التقليب ميكانيكياً وبالهواء المضغوط في نفس الوقت)

نظراً لما أثبتته الأبحاث والتجارب أن حوالى عشرة في المائة فقط من الهواء المضغوط يستعمل لأكسدة وتثبيت المواد العضوية في المخلفات السائلة وأن الباقي يستفاد منه في التقليب لمنع الرواسب من الهبوط إلى قاع أحواض التهوية وكذلك في زيادة اضطراب سطح السائل الأمر الذي يساعد على امتصاص الأكسجين من الهواء . فلقد عمد البعض إلى إنشاء أحواض تهوية يستخدم فيها الهواء المضغوط على أن تقلب محتوياتها بواسطة سواقي

غاطسة في السائل . مما ينتج عنه اقتصاد كبير في كمية الهواء المضغوط المستعمل (شكل ٢٠ - ١٦) .

وهذه الطريقة لا تستعمل في المحطات الكبيرة .



شكل رقم ٢٠ - ١٦

مزايا المعالجة بطريقة الحمأة المنشطة :

- ١ - الخلو من متاعب الروائح والذباب .
- ٢ - تحتاج إلى مساحة صغيرة بالنسبة للمساحة التي تحتاجها المرشحات .
- ٣ - مصاريف إنشاء صغيرة نسبياً .
- ٤ - يمكن انشاؤها بالقرب من المساكن دون ضرر أو مضايقة للسكان .
- ٥ - لا تحتاج إلى أيدي عاملة كثيرة للتشغيل .
- ٦ - لا يتسبب عنها فاقد في منسوب المياه في الأحواض .

عيوب المعالجة بالحمأة المنشطة :

- ١ - تخترق الحمأة الناتجة على نسبة عالية من الماء مما يسبب زيادة كبيرة في حجم الحمأة وكذلك صعوبة تجفيفها .

- ٢ - ارتفاع مصاريف الصيانة والتشغيل .
- ٣ - تحتاج إلى إشراف فنى على مستوى عالى .
- ٤ - قد ينتج صعوبات فى التشغيل عند تواجد بعض المخلفات الصناعية
- ٥ - بدون أسباب معروفة تسوء نتائج العملية ويحتاج الأمر وقت طويل لاعادة نتائج التشغيل إلى الدرجة المعتادة .

أحواض الترسيب النهائى :

وهى نستقبل المخلفات السائلة الخارجة من أحواض التهوية وفيها ترسب المواد العالقة التى تمت أكسبتها وتثبيتها فى هذه الأحواض وهى لا تختلف كثيراً فى المظهر عن أحواض الترسيب النهائى السابق شرحها للاستعمال مع المرشحات الزلط العادية والسريعة وأما أسس التصميم الرئيسية لهذه الأحواض فهى :

- ١ - مدة المكث : ١,٥ - ٢ ساعة .
- ٢ - معدل التحميل السطحي : ٨٠٠ - ١٠٠٠ جالون/قدم^٢/يوم
٣٢٠ ← ٤٠٠ متر مكعب/متر^٢/يوم
- ٣ - معدل التحميل على هدار المخرج : ١٥٠٠٠ جالون/قدم^٢/يوم
١٨٠ لتر/متر^٢/يوم

على أنه يتبع نفس طرق تنظيف الأحواض التى سبق ذكرها فى تنظيف هذه الأحواض .

نتائج المعالجة بالحمأة المنشطة :

تصل درجة معالجة المخلفات السائلة بهذه الطريقة إلى النتائج الآتية :

- ١ - ازالة الرواسب : ٨٥ - ٩٥ % .
- ٢ - خفض الأكسوجين الحيوى المحتص : ٨٠ - ٩٥ % .
- ٣ - خفض البكتيريا القولون (coliform) : ٩٠ - ٩٥ % .

الباب الحادى والعشرون

المعالجة النهائية بطريقة :-

١ - المرشحات الرملية

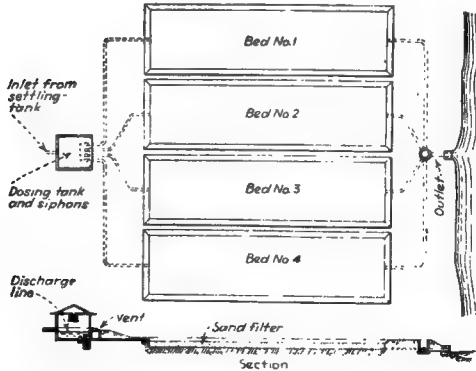
٢ - بحبيبات الأكسدة

٣ - قننوات الأكسدة

المرشحات الرملية للمخلفات السائلة

Intermittent Sand Filters

وهذه المرشحات كما في الشكل رقم (٢١-١) عبارة عن أحواض ذات جوانب ترابية وكذلك قاع ترابي وعلى القاع توجد شبكة من المواسير من الفخار المفتوحة الوصلات قطر ٤ بوصة (١٠ سم) - على مسافات من عشرة إلى إثني عشر متراً - وتحيط بهذه المواسير وتعلوها بارتفاع حوالى نصف متر طبقة من الزلط ثم طبقة من الرمل بارتفاع ٩٠ - ١٢٠ سنتيمتراً . والشكل رقم (٢١-٢) يبين قطاع في مواسير الصرف .



(شكل رقم ٢١-١)



(شكل رقم ٢١ - ٢)

نظرية وطريقة تشغيل المرشح :

يقمر المرشح بالمخلفات السائلة حيث يكون ارتفاع طبقة المخلفات السائلة ما بين ٥ . ٧ سنتيمتر فقط ثم تترك المخلفات السائلة لتتسرب السوائل منها داخل طبقة الرمل ثم الزلط ثم شبكة مواسير الصرف التي تحملها إلى حيث يتم التخلص منها في مصرف مجاور .

ونتيجة لذلك تكسى حبيبات الرمل بغشاء من المواد العضوية الدقيقة العائقة والتي لا تنفذ خلال مسام الرمل . فإذا ما تم تسرب السوائل خلال الرمل والزللط تعرضت هذه المواد العضوية لفعل البكتيريا الهوائية التي تعمل على إمتصاص الأكسوجين من الجو وثبتت المواد العضوية إلى مواد غير عضوية غير قابلة للتحال ومن ذلك يتضح أهمية تشغيل المرشح تشغيلاً متقطعاً أى على دفعات إذ أنه خلال الفترة التي لا يكون فيها الرمل مغسوراً دخلت السائلة يكون نشاط البكتيريا الهوائية على أشده في أكسدة المواد العضوية . ومن هنا جاء تسمية هذه المرشحات بالمرشحات الرملية المتقطعة التشغيل (Intermittent Sand Filter) .

ولا بد من وجود ثلاثة مرشحات على الأقل ويفضل أربعة مرشحات في محطة المعالجة مهما صغر حجمها — فيغمر الحوض الأول على دفعات متقطعة لمدة يوم كامل — ثم يغمر الحوض الثاني لمدة يوم ثم الحوض الثالث لمدة يوم آخر — ثم يأتي دور الحوض الأول ليعاد غمره وهكذا — أي أن كل حوض يستقبل اخلاطات السائلة على دفعات لمدة يوم كامل ويـتـريـح لمدة يومين .

ويصبر التحكم في توجيه اخلاطات السائلة من حوض إلى آخر أما يدوياً بعدد من الصمامات أو آلياً بصناديق الدفق .

أما الحوض الرابع فيستعمل لراحة كل حوض مدة شروع أو أكثر حسب حالة الأحواض — كما أنه في حالة تراكم الرواسب على سطح الرمل يوقف تشغيل الحوض حتى ينجز ثم يكشط الطبقة العليا من الرمل بسنت ٣ - ٥ سنتيمتر ثم يندف رمل جديد بدلا عنها — على أن يتم التخليل من الرمل المزاد وما به من مواد عتيقة يستعمله كردهم للأماكن المنخفضة في المنطقة .

مواصفات وأسس تصميم الرشحات :

١ - تقسم المساحة المطلوبة إلى أحواض تتراوح مساحة كل حوض من ربع الفدان إلى فدان .

٢ - عمق طبقة الرمل : ٩٠ - ١٢٠ سنتيمتر .

٣ - الحجم الفعال لحبيبات الرمل : ٠.٢ - ٠.٥ مم . معامل انتظام ٢ - ٣ .

٤ - عمق طبقة الزلط : ٣٠ - ٥٠ سنتيمتر .

- ٥ - حجم حبيبات الزلط : الطبقة السفلى : من ٣ - ٥ سنتيمتر .
الطبقة العليا : من ١ - ٢ سنتيمتر
- ٦ - قطر مواسير الصرف : ٤ بوصة .
- ٧ - ميل مواسير الصرف : ١ : ٢٠٠ على الأقل .
- ٨ - المسافة بين مواسير الصرف : ٩ - ١٢ متر .
- ٩ - السرعة في مواسير الصرف / ٧٠ - ٩٠ سم / الثانية .

معدلات الترشيح :

تختلف معدلات الترشيح أي معدل نمر مساحة فدان من المرشح . أى كمية المياه التى يغزر بها فدان من المرشح فى اليوم الكامل تبعاً للعوامل الآتية :

(١) حجم حبيبات الرمل .

(ب) تكوين الخلفات السائلة وما تحتويه من مواد عالقة وهل هذه الخلفات سبق لها المعالجة بالترسيب أم لا - ومدى كثافة هذه المعالجة . إذ أنه فى بعض الحالات يغزر فيها المرشح باخلفات بعد أمرارها فى مرشحات الزلط العادية . وذلك بغية الزيادة فى كفاءة محطة المعالجة كوحدة واحدة - ويتوقف المعدل المستعمل على العوامل السابقة كما هو موضح فيما بعد :

(١) اخلفات الخام (بعد المصافي بدون ترسيب ابتدائي) :

| معدل الترشيح | حجم الرمل |
|----------------------------|-----------|
| ٢٠٠ متر مكعب للفدان يومياً | ٠.٢ مم |
| ٢٥٠ متر مكعب للفدان يومياً | ٠.٣ مم |
| ٣٠٠ متر مكعب للفدان يومياً | ٠.٤ مم |

(ب) المخلفات بعد تعرضها للتسريب الابتدائي :

| معدل الترشيع | حجم الرمل |
|----------------------------|-----------|
| ٥٠٠ متر مكعب للفدان يومياً | ٠.٢ م |
| ٥٥٠ متر مكعب للفدان يومياً | ٠.٣ م |
| ٦٠٠ متر مكعب للفدان يومياً | ٠.٤ م |

(ج) المخلفات بعد تعرضها للتسريب الابتدائي ثم المرشحات الزلاط :

| معدل الترشيع | حجم الرمل |
|-----------------------------|-----------|
| ٩٠٠ متر مكعب للفدان يومياً | ٠.٢ م |
| ١٢٠٠ متر مكعب للفدان يومياً | ٠.٣ م |
| ١٥٠٠ متر مكعب للفدان يومياً | ٠.٤ م |

مزايا مرشحات الرمل :

- ١ - بسيطة التشغيل ولا تحتاج إلى أجهزة ميكانيكية للتشغيل .
- ٢ - لا تسبب متعب بالنسبة لوالد الحشرات مثل الذباب .
- ٣ - كفاءة عالية في معالجة المخلفات أى خفض كبير للأكسوجين الحيوى وكذلك نقص كثير في عدد البكتيريا .
- ٤ - لا يذبح عنها راسب لأبد من التخلص منها .
- ٥ - تناسب العمليات الصغرى وخاصة حيث يتطلب معالجة على درجة عالية من الكفاءة .

نتائج التشغيل :

وهذه تتوقف على حجم حبيبات الرمل وعلى معدل الترشيع - ولقد أظهرت التجارب التى عملت في ذلك الصدد أن كفاءة هذه المرشحات تتراوح ما بين ٨٥ ٪ و ٩٥ ٪ بالنسبة لكل من حمز البكتيريا وكذلك خفض الأكسوجين الحيوى .

بحيرات الأكسدة

Oxidation ponds

تعتبر بحيرات الأكسدة أحد الطرق التي يعتمد فيها على العوامل الطبيعية مثل ضوء الشمس . الأكسوجين الجوى . درجة الحرارة في تنشيط البكتيريا الهوائية لتؤكسد وتثبت المواد العضوية الموجودة في المخلفات السائلة - وبحيرات الأكسدة عبارة عن بحيرات صناعية كبيرة ضحلة (lagoons) تنساب اليها المخلفات السائلة الخام أو المرسبة وتبقى فيها مدة طويلة تمكنها من امتصاص الأكسوجين الجوى ومن ثم تستعمله البكتيريا الهوائية في أكسدة وتثبيت ما بها من مواد عضوية ولذلك سميت ببحيرات الأكسدة .

كما يعيش ويتكاثر في هذه البحيرات اعداد هائلة من الطحالب بأنواعها المختلفة - هذه الطحالب تسهل تلك الفضلات الناتجة من أكسدة البكتيريا للمواد العضوية مثل ثاني أكسيد الكربون والنشادر وفى نفس الوقت يتساعد منها الأكسوجين - وذلك أثناء عملية التمثيل الكلوروفيل (photosynthesis) - إلا أن كمية هذا الأكسوجين تتغير تبعاً لشدة الضوء . فهى على أشدها فى أثناء النهار حيث الضوء ساطع . وتأخذ فى الانخفاض فى الصباح الباكر والغروب وتوقف نهائياً فى المساء .

وبالرغم من فائدة الطحالب إذ تمد البكتيريا ببعض الأكسوجين اللازم لنشاطها . فقد تكون عبئاً عليها إذا تكاثرت بدرجة كبيرة ثم ماتت كميات كبيرة منها مما يزيد من كمية المواد العضوية الميتة فى المخلفات السائلة . أى يزيد الحمل العضوى (الأكسوجين الجوى) للمخلفات السائلة - وذلك بخد

ويسمى إلى كفاءة تشغيل البحيرة إذ تخرج منها المخلفات السائلة وقد زاد الأكسوجين الحيوى فيها عن التركيز المنتظر .

أنواع بحيرات الأكسدة : هناك ثلاثة أنواع :

١ - بحيرات لاهوائية يتبعها بحيرات أكسدة هوائية - وهذه تستعمل فى معالجة المخلفات السائلة الخام . وفى البحيرة الأولى يتم ترسيب المواد العالقة وتخميرها - ولا يحتاج الأمر لتنظيف هذه البحيرات ممرسب فيها إذ أنها حجمها الكبير لا يتأثر بالكيمات البسيطة من الرواسب التى تتجمع فيها - وفى البحيرة الثانية يتم أكسدة وتثبيت المواد العضوية بفعل البكتيريا الهوائية .

ويعيب هذا النوع من البحيرات تصاعد الروائح القصاره واحتمال انتشارها فى المنطقة مما يضايق السكان - كما يلزم . على فترات متقطعة . إعادة بعض المخلفات السائلة من البحيرة الثانية إلى البحيرة الأولى بواسطة طحبات رافعة لتقبل تركيز تصاعد الغازات الناتجة من التحلل اللاهوائى فى البحيرة الأولى - لهذا فإنه لا ينصح غالباً باتباع هذا النوع من البحيرات .

٢ - بحيرات مهواة تهوية طبيعية - وهذه تسود فيها البكتيريا الهوائية وتنشط فى أكسدة العضوية . ولذلك فإن لا ضرر من تصاعد الغازات المنفرة منها - إلا أن تكاثرها الاشوائية كبيرة نظراً لكبر حجمها .

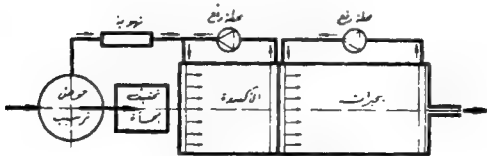
٣ - بحيرات مهواة تهوية صناعية (aerated ponds) وأحجام هذه البحيرات أصغر من البحيرات المهواة طبعياً - وفيها تم التهوية عن طريق قلابات ميكانيكية تقوم بأحدث اضطرابات فى سطح الماء فى البحيرة مما يساعد على امتصاصه للأكسوجين الحوى كما يساعد على مزج طبقات

الماء بالبحيرة مع بعضها مما يساعد على انتظام انتشار الأكسوجين والمواد العضوية بكامل عمق البحيرة مما يزيد من نشاط البكتيريا الهوائية .

وتتميز هذه البحيرات بصغر حجمها . وبانتشار البيئة الهوائية بكامل عمقها ومن ثم عدم احتمال تصاعد الروائح المنفرة منها - إلا أنها تحتاج لاشراف فى دقيق لتشغيلها .

ويفضل عند استعمال نوعى بحيرات الأكسدة الهوائية أن يسبقها أحواض ترسيب ابتدائية لحجز أكبر كمية من المواد العالقة التى تزال على فترات لاتخلص منها بعد تخمرها ثم تجفيفها أو تجفيفها فقط .

كما يحسن فى بعض الأحيان إعادة المخلفات السائلة من مخرج بحيرات الأكسدة إلى مدخلها وذلك لتحسين حالة البحيرات وما فيها من مخلفات . كذلك تبنى أحيانا أحواض تهوية قبل بحيرات الأكسدة وذث لتحسين حالة المخلفات السائلة وإزالة ما بها من غازات منفرة ناتجة من أى تحلل لا هوائى (شكل ٢١ - ٣) .



شكل رقم (٢١ - ٣)

وتسمى أحياناً السحات من النوع الأول : بحيرات تثبيت لا هوائية وهوائية (Anaerobic ponds followed by Aerobic ponds)

وتسمى البحيرات من النوع الثانى بحيرات تثبيت هوائية (aerobic ponds)
بينما تسمى البحيرات من النوع الثالث : بحيرات الأكسدة الممهضوة
(Aerated oxidation ponds)

أسس التصميم :

أ - البحيرات التثبيت الهوائية : تتوقف كفاءة هذه البحيرات على عدة عوامل : أشعة الشمس ومدى تواجدها وقوتها على مدار السنة . درجة الحرارة . سرعة الرياح . معدل تساقط الأمطار . معدل التبخر . احتمال تلوث المياه الخوفية . طريقة صرف المخلفات السائلة بعد علاجها في هذه البحيرات . وزمن المكث في هذه البحيرات .

وتعطى المعادلة الافتراضية الآتية العلاقة بين هذه المتغيرات بالنسبة
لبحيرات التثبيت الهوائية :

$$T = \frac{h L T^{(35-t)}}{177 E S}$$

حيث T زمن المكث في البحيرات باليوم .

H = عمق البحيرة بالسنتيمتر .

L = الأكسجين الحيوى للمخلفات السائلة مقدراً بالجزء
في المليون .

T = معامل درجة الحرارة ويساوى ١.٠٧

t = درجة الحرارة بالمقياس المثوى .

E = كفاءة تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية = ٤٪ .

S = الطاقة الضوئية التى تصل إلى السنتيمتر المربع من سطح

البحيرة - مقدرة بالسعر (Calories) وتتراوح بين ٢٥٠ في الشتاء . ٦٠٠ في الصيف .

مشار : المطلوب إيجاد مدة المكث اللازمة لبحيرات التثبيت الهوائية اللازمة لمعالجة المخلفات السائلة إذا علم :

| | |
|---------------------------------|-----------------|
| الأكسوجين الحيوى للمخلفات | = ٣٠٠ جزء/مليون |
| قيمة η في المعادلة السابقة | = ٤٠٠ |
| درجة الحرارة | "٢٥" |
| عمق البحيرة | = ٩٠ سم |

الحل : بتطبيق المعادلة السابقة

$$T = \frac{H L T^{(35 - T)}}{177 E S}$$

$$\therefore T = \frac{90 \times 300}{177 \times 0.04} \cdot \frac{1.07^{35 - 25}}{400} = 20 \text{ days}$$

معدل التجهيل العضوى :

ولما كان العمل الرئيسى لبحيرات الأكسدة (بحيرات التثبيت الهوائية) يتم عن طريق امتصاص الأكسوجين الحيوى خلال سطحها المائى ثم استغلال هذا الأكسوجين عن طريق نشاط البكتريا الهوائية فى أكسدة وشيخ المواد العضوية . فإنه من المدهش أن يقدر الحمل العضوى بكمية الأكسوجين الحرة اوحده المساحة والتفاوت كبير بين معدل التجهيل العضوى الذى تعينه عليه المواد الخام المختلفة إلا أنه يمكن اتباع معدل تجهيل عضوى لا يزيد عن ٢٠٠ كـجـ/جـرـاء أكسوجين حيوى /هكتار /يوم وبمدة المكث حوالى ٢٠ يوم . فى البحيرة لا يزيد عن متر مربع .

ب - بخيرات الأكسدة المهواة :

تتوقف كفاءة هذا النوع من البخيرات بالإضافة إلى العوامل التي ذكره في بخيرات التثبيت الهوائية على طريقة التهوية والتقليب ومدى إمكان الاعتماد عليه ونجاحه .

وتنص المواصفات على الآتي :

معدل التحميل العضوي : لا يزيد عن ٢٠٠٠ كيلو جرام

أكسوجين حيوي/هكتار/يوم

مدة المكث : حوالي ثلاثة أيام

العمق : لا يزيد عن ٢ ½ متر

ويفضل أن يعقب كل من النوعين أعلاه بخبرة أخرى نطلق عليها (polishing pond) الغرض منها تحسين حالة المياه قبل صباها نهائياً في موقع التخلص وكذلك مقابلة الزيادات الطارئة في الحمل العضوي على البخيرات الأصلية .

مثال : المطلوب تصميم بخيرات التثبيت الهوائية وبخيرات الأكسدة المهواة إذا علم أن التصريف اليومي هو ٩٦٠٠ متر مكعب/اليوم وأن الأكسوجين الحيوي لمتخلفات السائلة الخام هو ٣٨٥ جزء في المليون - وأنه يسبق البخيرات أحواض ترسيب ابتدائية .

الحل : الأكسوجين الحيوي بعد الترسيب الابتدائي يساوي ٢٠
الأكسوجين الحيوي للمتخلفات السائلة الخام وبذلك يساوي ٢٥٠ جزء في المليون .

.. اجمالي الأكسوجين الحيوي بعد الترسيب

$$= \frac{250 \times 9600}{100000} = 2.400 \text{ طن/يوم}$$

$$= 2400 \text{ كيلوجرام/يوم}$$

أ - خيرات التثبيت الهوائية :

$$\begin{aligned} \text{زمن المكث} &= 20 \text{ يوم} \\ \text{حجم البحيرة} &= 20 \times 9600 = 192000 \text{ متر}^3 \\ \text{العمق} &= 1.20 \text{ متر} \\ \text{المساحة السطحية} &= 192000 : 160000 = 2 \text{ هكتار} \\ \text{معدل التحميل العضوي} &= \frac{2400}{16} = 150 \text{ كيلوجرام/هكتار} \end{aligned}$$

وهو أقل من المسموح به .

وبديهي أن المساحة - 16 هكتار ستقدم إلى أحواض تعمل على التوالى وتنوّف مساحة كل حوض على الظروف المحيطة على ألا تقل عن ثلاثة هكتار

ب - خيرات الأكسدة الموهة :

$$\begin{aligned} \text{زمن المكث} &= 3 \text{ أيام} \\ \text{حجم البحيرة} &= 3 \times 9600 = 28800 \text{ متر}^3 \\ \text{العمق} &= 2.00 \text{ متر} \\ \text{المساحة السطحية} &= \frac{28800}{2} = 14400 \text{ متر}^2 \\ &= 1.4 \text{ هكتار} \\ \text{معدل التحميل العضوي} &= \frac{2400}{1.4} = 1700 \text{ كيلوجرام/هكتار} \end{aligned}$$

وهو أقل من المسموح به .

وتتميز معالجة المخلفات السائلة بواسطة بحيرات الأكسدة بالآتي :

- ١ - لا تحتاج إلى أشرف فني على .
- ٢ - تستعمل في معالجة المخلفات من تجمعات سكانية صغيرة نظراً للمساحات الكبيرة التي تتطلبها .
- ٤ - تتبع في الأماكن التي يتوافر فيها هذه المساحات الكبيرة .
- ٤ - تنشأ البحيرات بحجور ترابية على أن تكسى بالدبش أو بلاطات خرسانية . كما أنه يمكن تثبيت هذه الحجور بالحشائش القصيرة مع إعطائها الميول الجانبية المناسبة (١ : ٢ - ١ : ٣) والاستعناء عن التغطية بالدبش أو البلاطات الخرسانية .

قنوات الأكسدة

Oxidation Ditches

تعتبر معالجة المخلفات السائلة بطريقة قنوات الأكسدة تطويراً لمعالجتها بطريقة الحمأة المنشطة المطوارة (extended aeration) السابق ذكرها في الباب العشرين - وفي هذه الطريقة تعالج المخلفات السائلة بهويتها في قنوات بواسطة فرشاة دائرية من الصلب تقوم بعمل التقليب اللازم لمنع الترسب في القنوات . كما تقوم بعمل الاضطراب الكافي في السطح ليشجع امتصاص الأكسجين الجوي داخل المخلفات السائلة ومن ثم يحافظ على نشاط البكتيريا الهوائية التي تعمل على أكسدة المواد العضوية وتثبيتها .

طرق التشغيل وأسس التصميم :

تصمم قنوات الأكسدة وأن اختلفت طرق تشغيلها على الأسس الآتية :

- ١ - مدة بقاء الخليط من المخلفات السائلة والحمأة المنشطة تتراوح من يوم إلى ثلاثة أيام .

٢ - تركيز المواد العالقة في الخليط ٥٠٠٠ - ٦٠٠٠ جزء في المليون

٣ - عمق القنوات من ٩٠ إلى ١٥٠ سم

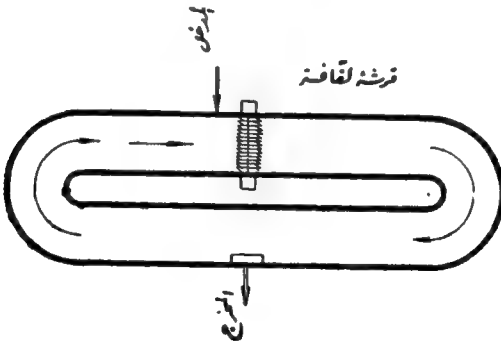
٤ - السرعة الأفقية للخليط حوالى ٣٠ سم/الثانية .

وهناك أكثر من طريقة للتشغيل :

١ - طريقة التشغيل المتقطعة (شكل ٢١-٤)

Intermittently aerated ditches

وفي هذه الطريقة تنساب المخلفات السائلة إلى القنوات باستمرار كما يستمر تشغيل الفرش حتى يصل المنسوب إلى ارتفاع معين وعندئذ يوقف تشغيل الفرش لفترة ساعة أو ساعتين تعمل خلالها القنوات كمحوض ترسيب نهائى . ثم يسمح للمخلفات السائلة بالخروج من هدار علوى حتى ينخفض المنسوب لارتفاع معين فيعاد تشغيل الفرش بعد أن يكون قد تم سحب جزء من الحمأة التي رسبت في قاع القنوات لتجفيفها قبل التخلص منها -



شكل رقم ٢١ - ٤

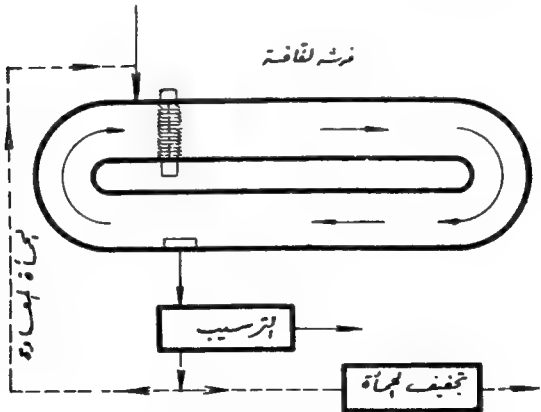
وفي هذه الطريقة يجب اعتبار جزء من عمق القنوات مخصصاً لترسيب الحمأة عند توقف تشغيل الفرش .

١ - طريقة التشغيل المستمرة (شكل ٢١ - ٥) :

(Continuously operated ditches)

وفي هذه الطريقة لا يوقف تشغيل الفرش لتعمل القنوات كحوض ترسيب بل تخرج المخلفات السائلة من القنوات إلى حوض ترسيب نهائى يتم فيه ترسيب الحمأة . التى يعاد جزء منها إلى القنوات ليعاد مع المخلفات السائلة عند التهوية . ويخرج الباقي من الحمأة لتجفيفها قبل التخلص منها .

ويستعمل قنوات الأكسدة في معالجة المخلفات من التجمعات السكنية الصغيرة وتندرج بعدم تصاعده أية روائح مزفرة منها مما يمكن من انشاؤها بالقرب من هذه التجمعات السكنية دون ضرر ما .



شكل رقم ٢١ - ٥

الباب الثاني والحشرون

اعمال التخلص من المخلفات السائلة

Sewage Disposal Works

ليس الغرض من هذه الأعمال هو مجرد التخلص من هذه المخلفات . إنما الغرض منها التخلص مع عدم الاضرار بالصحة العامة ومع عدم مضايقة أو إزعاج المواطنين بما قد ينتج عن هذه المخلفات من روائح نتيجة لتحلل ما فيها من مواد عضوية . أو من تشويه للأماكن العامة التي قد تصل إليها هذه المخلفات .

وطرق التخلص من هذه المخلفات سواء بعد المصافي — وهو ما يطلق عليه المخلفات السائلة الخام أو بعد المعالجة الابتدائية فقط أو بعد المعالجة النهائية هي : —

- ١ - التخلص من المخلفات السائلة يقدفها في المسطحات المائية (الترع . المصارف . الأنهار . البحار . البحيرات) .
- وهو ما يسمى التخلص بالتخفيف (Disposal by Dilution)
- ٢ - التخلص من المخلفات السائلة على مسطحات أرضية .
- وهو ما يسمى للتخلص بالرى (Disposal by Irrigation) .

التخلص بالتخفيف

أي التخلص بقذف المخلفات السائلة في المسطحات المائية سواء كانت أنهارا أو فروعها أو بحيرات أو بحار .
ويتردد البعض في استعمال هذه الطريقة خوفاً من حدوث أحد الاحتمالات الآتية :

- ١ - انخفاض تركيز الأكسوجين الذائب في ماء النهر نتيجة لنشاط البكتريا الهوائية في أكسدة ما تحويه المخلفات السائلة من مواد عضوية . إذ تأخذ البكتريا الهوائية في تثبيت المواد العضوية وتحولها إلى مواد غير عضوية

ثابتة باستخدام الأكسجين الذائب أصلاً في الماء وهذا الانخفاض في تركيز الأكسوجين قد يصل إلى الدرجة التي تحد وتمنع نشاط الكائنات البحرية الحية من أسماك وخلافها مما قد يؤدي إلى موتها — بل قد يصل الخفض في تركيز الأكسوجين إلى إستهلاك جميع الأكسوجين الذائب في ماء البحيرة أو النهر مما يسبب تكاثر البكتيريا اللاهوائية التي تسبب التحلل اللاهوائي للمواد العضوية وهو التحلل الذي ينتج عنه روائح كريهة .

وتبلغ درجة تشبع الماء بالأكسوجين حوالي تسعة أجزاء في المائة — ويتوقف ذلك على درجة حرارة الماء — إلا أن الماء في الأنهار والبحيرات يحتوي عادة على ٧ — ٨.٥ جزء في المليون أكسوجين ذائب . أما تركيز الأكسوجين الذائب في الماء اللازم لحياة الأسماك فيتراوح من ٣.٥ — ٤ جزء في المليون .

٢ — إحتواء المخلفات السائلة على مواد صلبة عالقة أو طافية تطفو على سطح الماء في النهر أو البحر بشكل يؤدي النظر .

٣ — إحتواء المخلفات السائلة على مواد كيميائية سامة أو ضارة بالكائنات الحية في النهر أو البحيرة .

٤ — إحتواء المخلفات السائلة على بكتيريا ضارة ومسببة للأمراض وهذه البكتيريا تسبب انتشاراً للأمراض في المواطنين إذا أسئء إستعمال مياه النهر أو البحيرة أو البحر الذي تصب فيه المخلفات السائلة .

٥ — إحتمال وجود مواد مشعة تضر بالصحة العامة وتصل إلى الانسان إذا أساء استعمال المياه التي تصب فيها هذه المخلفات .

إلا أنه باستعمال الطرق العملية السليمة والنظريات العلمية الصحيحة يمكن للمسطحات المائية استيعاب كمية من المخلفات السائلة دون الاضرار بالفرض من استعمالات المسطحات المائية سواء كمصدر لمياه الشرب أو مكاناً للترفيه والسباحة . أو للملاحة . أو كمصدر للثروة السمكية .

معامل التخفيف (Dilution Factor) :

وقد اتفق على أن هذا المعامل هو النسبة بين تصريف مياه النهر وتصريف المخلفات السائلة بحيث لا ينخفض الأكسوجين في المزيج عن أربعة أجزاء في المليون - وهو التركيز الذي يسبح بحياة الكائنات البحرية في السطح المسائي .

وبدیهی أن هذا المعامل يتوقف على طبيعة ومحتويات المخلفات السائلة ودرجة تركيز المواد العضوية بها وبذلك يتوقف على نوع المعالجة الذي مرت به قبل صبا في السطح المائي .

ويمكن إيجاد معامل التخفيف هذا من المعادلة : -

$$q L = Q (C_1 - C_2)$$

$$\text{معامل التخفيف} = F = \frac{L}{C_1 - C_2} = \frac{Q}{q} \text{ أو}$$

حيث : Q = تصريف النهر

C_1 = تركيز الأكسوجين في ماء النهر (جزء في المليون) قبل

صب المخلفات = ٨.٥

C_2 = الحد الأدنى لتركيز الأكسوجين بعد صب المخلفات = ٤.٠

q = تصريف المخلفات السائلة .

L = الأكسوجين الحيوى للمخلفات السائلة .

وذلك بافتراض أن تركيز الأكسوجين في المخلفات السائلة يساوى صفر .

فإذا كان الأكسوجين الحيوى للمخلفات السائلة هو : -

٣٠٠ جزء في المليون (بعد المصافي مباشرة) .

١٨٠ جزء في المليون (بعد أحواض المعالجة الابتدائية) .

٤٠ جزء في المليون (بعد المعالجة النهائية) .

وكان تركيز الأكسوجين في ماء النهر ٨,٥ جزء في المليون - فإن معامل التخفيف اللازم حتى لا يقل تركيز الأكسوجين في الحايط عن أربعة جزء في المليون هو كالتى :

أ - في حالة صب المخلفات بعد المصافي مباشرة :

$$٦٧ = \frac{٣٠٠}{٤.٥} = \frac{٣٠٠}{٤ - ٨.٥} = \frac{Q}{q} = F$$

ب - في حالة صب المخلفات السائلة بعد معالجتها معالجة ابتدائية :

$$٤٠ = \frac{١٨٠}{(٤ - ٨.٥)} = \frac{Q}{q} = F$$

ج - في حالة صب المخلفات السائلة بعد معالجتها معالجة نهائية :

$$٩ = \frac{٤٠}{(٤ - ٨.٥)} = \frac{Q}{q} = F$$

وبذلك يمكن القول أنه إذا زاد معامل التخفيف عن ٧٠ في حالة المخلفات السائلة الخام . عن ٤٠ في حالة المخلفات السائلة المعالجة ابتدائياً . عن عشرة في حالة المخلفات السائلة المعالجة معالجة كاملة - فإننا لا نتوقع أى مضايقات أو أضرار نتيجة لخفض تركيز الأكسوجين عن الحد المقرر في المسطحات المائية .

التنقية الذاتية للمجارى المائية

تتميز المجارى المائية بالقوى الذاتية الكفيلة فيها والقدرة على تحليل المواد العضوية إلى مواد بسيطة غير قابلة للتحلل - نظراً لاحتواء الماء فيها على تركيز عالى للأوكسوجين الذائب الذى يكاد يصل إلى درجة التشبع .

وعند صرف المخلفات السائلة في البحار المائية تنشط البكتيريا وتستخدم هذا الأوكسوجين الذائب في تحليل وتثبيت المواد العضوية مما يؤدي إلى نقص تركيز الأوكسوجين في الماء لفترة من الزمن ولكنه يعود ويزداد إذ يعوض تدريجياً بالأوكسوجين الذي يمتصه الماء من الجو ومن النباتات الموجودة بالمجرى المائي مما يؤدي إلى عودة المجرى المائي لحالته الطبيعية وعودة الأوكسوجين الذائب فيه إلى تركيزه الطبيعي - هذه الظاهرة هي ما تسمى بالتنقية الذاتية للمسطحات المائية (Self Purification) .

العوامل المؤدية إلى التنقية المائية

تنقسم هذه العوامل إلى :

عوامل طبيعية - عوامل كيميائية - عوامل بيولوجية .

١ - العوامل الطبيعية Physical Factors

١ - المزج أو التخفيف (Mixing or Dilution)

إذ في امتزاج المخلفات السائلة بالماء الموجود في النهر انتشاراً لما فيها من مواد عالقة وبكتيريا في حجم أكبر وبالتبعية خفض لدرجة تركيزها وبالتالي خفض لما قد تسببه من أضرار .

٢ - الترسيب (Settling) :

إذ يرسب في قاع النهر أو البحيرة المواد العالقة التي لا يقوى التيار على حملها بعيداً - هذه المواد العالقة عند رسوبها يلتصق بسطحها ويهبط معها أعداد كبيرة من البكتيريا والكائنات الحية الدقيقة حيث لا تجد البيئة الصالحة لنموها وتكاثرها في القاع .

٣ - الضوء وأشعة الشمس (Light & sunshine) :

إذ أن للضوء وأشعة الشمس قوة قتل البكتيريا (Bactericidal) لما تحتويه من أشعة فوق البنفسجية - إلا أن هذه الأشعة لا تخترق المسطح المائي إلى أعماق كبيرة خاصة إذا كانت المياه عكره ، كما أنها غير ثابتة التركيز فهي تقل في الأيام الغير مشمسة وتنعدم في الليل ، كما أن الغبار والرطوبة في الجو تحد من فاعليتها .

ب - العوامل الكيميائية Chemical Factor

١ - الأكسدة (Oxidation) :

وهذا هو العامل الرئيسى في التنقية الذاتية . إذ تتميز البحارى المائية لما تحتويه من بكتيريا هوائية . بقدرتها على تحليل المواد العضوية وأكسدتها إلى مواد ثابتة غير قابلة للتحليل مستخدمة في ذلك الأكسوجين الذائب أصلاً في مياه النهر .

كما تتميز المسطحات المائية بإمكانها لامتصاص الأكسوجين من الهواء كلما نقص تركيز الأكسوجين فيها عن درجة التشبع . ولذلك فإن الأكسوجين المستهلك في عملية أكسدة المواد العضوية يعوض جزئياً بالأكسوجين الذى يمتصه الماء من الهواء - كما يعوض جزئياً أيضاً بالأكسوجين الذى يتصاعد من النباتات المائية . في الجرى المائى أثناء عملية التمثيل الكلوروفيل .

وبذلك يمكن تقسيم مصدر تعويض الأكسوجين المستهلك في عملية الأكسدة إلى :

- الأكسوجين الممتص من الهواء :

وكميته تتناسب طردياً مع نقص درجة التركيز عن درجة التشبع ،

وكذلك تتزايد في المهارى المائية السريعة الجريان على المهارى المائية البطيئة الجريان أو الراكدة نسبياً مثل البحيرات .

— الأوكسوجين الناتج من عمليات التمثيل الكلورفيلى :
وكيمته تتأثر بكمية النباتات الموجودة في المجرى المائى وبقوة الضوء فهى تزيد في الأيام المشمسة وتقل مع ضعف الضوء وتنعدم في المساء .

٢ - الترويب (Coagulation) :

نظراً لما قد تحويه المخلفات السائلة من مواد كيمياوية ضمن المخلفات الصناعية المختلفة . فان بعض هذه الكيماويات قد تتفاعل مع بعضها مسببة تكوين ندف هلامية سهلة الترسيب في المسطحات المائية .

٣ - السميات (Poison) :

قد تحتوى المخلفات الصناعية على بعض الكيماويات السامة للكائنات الحية الدقيقة بما فيها من بكتيريا هوائية ، مما يتعارض مع استئصال عملية التنقية الذاتية .

ج - عوامل بيولوجية (Biological factors) :

١ - البكتيريا (Bacteria) :

والمصدر الرئيسى للبكتيريا في ماء الأنهار والبحار هو ما تنساقط عليها من الهواء وما تجرفه مياه الأمطار من على سطح الأرض إلى الأنهار والبحار أثناء موسم الأمطار وكذلك المخلفات السائلة التى تصب في النهر أو البحر .

والبكتيريا الهوائية كما سبق ذكره هى العامل الرئيسى فى استئصال عملية الأكسدة ، ولذلك فهى ضرورية لاستكمال عملية التنقية الذاتية .

أما البكتيريا المعوية فتأخذ في التناقص العددي بسرعة إذا ما خرجت من جسم الإنسان إذ أنه البيئة الصالحة لنموها وتكاثرها - ولذلك نجد أنها تأخذ في الموت بسرعة إذا خرجت منه وقد ثبت ضمن المخلفات السائلة الأخرى في المستطحات المائية - وقد دلت بعض الدراسات على أن البكتيريا الضارة (Pathogenic bacteria) تموت بمعدل ٢٠ - ٤٠ ٪ في اليوم بعد وصولها إلى المجارى المائية .

٢ - الكائنات الحية الدقيقة (Micro organisms) :

هذه تشمل مجموعة كبيرة من الكائنات الدقيقة النباتية أو الحيوانية التي تسبح حرة في الماء - وتتغذى الكائنات النباتية على المواد الكيميائية البسيطة المذابة في الماء والناجمة عن نشاط البكتيريا - بينما تتغذى الكائنات الحيوانية على المواد العضوية مباشرة - وفي نفس الوقت تتغذى كائنات أكبر حجماً على هذه الكائنات الصغيرة .

كل هذه العوامل تؤدي إلى تغير في حالة الخبث المائي من مجرى ملوث يحتوي على مواد عضوية متحللة إلى مجرى طبيعي يحتوي على مواد غير عضوية وغير قابلة للتحلل .

ولما كان الأكسوجين هو العامل الأساسي في عملية الأكسدة التي هي بدوره العامل الرئيسي في التنقية الذاتية للمجارى المائية . فإن درجة تركيز الأكسوجين على مسار الخبث المائي تؤخذ كقياس للدرجة التي وصلت إليها التنقية الذاتية للمجرى . وبذلك ويمكن تقسيم المخطط من النهر الذي تتم فيه عملية التنقية الذاتية إلى أربعة أجزاء :

١ - منطقة الهبوط Degradation Zone :

وهي تبدأ بعد نقطة صب المخلفات مباشرة وتتميز بازدياد عكارة الماء فيها - وكذلك هبوط الأكسوجين فيها نظراً لازدياد معدل استهلاك البكتيريا للأكسوجين في أكسدة المواد العضوية عن معدل تعويض هذا الأكسوجين المستهلك بالامتصاص من الهواء أو من الأكسوجين الناتج من التمثيل الكلوروفيلي .

وتتعد هذه المنطقة حتى الموقع الذي يصل فيه تركيز الأكسوجين الذائب إلى ٤٠ ٪ من درجة تشبع الأكسوجين في الماء .

٢ - منطقة التحلل Decomposition Zone :

وهذه تبدأ بآية منطقة الهبوط وتتعد حتى يصل تركيز الأكسوجين إلى أدنى درجة التي يأخذ بعدها الأكسوجين الذائب في الإزدياد نتيجة لإزدياد معدل امتصاص الماء للأكسوجين من الهواء عن معدل استهلاك البكتيريا للأكسوجين في أكسدة المواد العضوية وذلك بسبب نقص كميات المواد العضوية .

وتتعد منطقة التحلل حتى النقطة التي يعود فيها تركيز الأكسوجين الذائب إلى ٤٠ ٪ من درجة تشبع الأكسوجين في الماء .

وفي هذه المنطقة تكون المياه مائلة إلى اللون الرمادي (grayish) ويتصاعد منها غازات ذات الروائح وتتواجد الرواسب (Sludge banks) على جوانبها .

وليس من الضروري أن تتواجد هذه المنطقة في جميع الأنهار التي يصب فيها المخلفات السائلة إذ أن من المحتمل أن تتم أكسدة المواد العضوية دون هبوط الأكسوجين الذائب حتى ٤٠ ٪ من درجة تشبع الماء به - بل في

الحقيقة أن هذه الحالة المفضلة بل الواجب أن نعمل على أن تتواجد في المجرى المائي محافظة منا على الكائنات الحية النامية في النهر والتي تحتاج للأكسوجين في نشاطها وحياتها .

وعلى العكس من ذلك إذا زادت المواد العضوية في المخلفات السائلة للدرجة التي تستهلك جميع الأكسوجين الذائب في ماء المسطح المائي- فإن حالة التحلل اللاهوائي تسود هذا الجزء من النهر وتعدم فيه جميع مظاهر الحياة المائية وتتصاعد منه الروائح الكريهة المنفرة .

٣ - منطقة التخصن Recovery Zone :

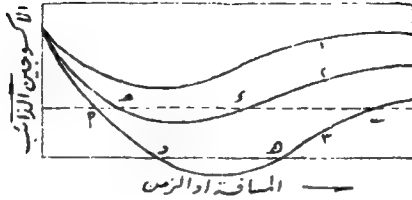
وهي تبندى عند انتهاء المنطقة السابقة أى عند النقطة التي تكون فيها المياه في النهر قد امتصت من الأكسوجين ما يعيد درجة تركيزه إلى ٤٠٪ من درجة تشبع الماء به - وتتميز هذه المنطقة بالمياه الرائقة نسبياً وعدم وجود رواسب على جوانب النهر وبداية تكاثر الكائنات الحية المائية .

٣ - منطقة المياه الرائقة Clear Water Zone :

والمياه في هذه المنطقة تظهر رائقة جذابة كما لو أنه لم يصف إليها أى مخلفات .

منحنى ترخيم الأكسوجين (Oxygen Sag Curve) :

ويمكن تصوير المناطق الأربعة المذكورة أعلاه برسم منحنى يبين درجة تركيز الأكسوجين في أماكن مختلفة على طول النهر وموقع هذه الأماكن بالنسبة لنقطة مصب المخلفات السائلة . فوجد أن هذا المنحنى يوضح هبوط تدريجي في تركيز الأكسوجين ثم ارتفاع تدريجي في تركيز الأكسوجين - وهو ما دعى إلى تسميته بمنحنى ترخيم الأكسوجين (شكل ٢١ - ١) وفي هذا الشكل ثلاثة منحنيات :



(شكل رقم ٢٢ - ١)

- المنحنى ١ : لا يتخفّض تركيز الأكسوجين الذائب عن ٤٠٪ من درجة التشبع وهو الحالة المفضلة حفاظاً للثروة المائية .
- المنحنى ٢ : من أ إلى د منطقة التحلل وفيها يقل الأكسوجين الذائب عن ٤٠٪ من درجة التشبع .
- المنحنى ٣ : من أ إلى ب منطقة التحلل .
- من هـ إلى و منطقة تحلل لا هوائية .
- منعدم فيها الأكسوجين وكذلك مظاهر الحياة المائية .

وهذا المنحنى يمكن رسمه عملياً يأخذ عينات من ماء النهر على طول الجرى ثم توقيع نتائج فحص هذه العينات بالنسبة لتركيز الأكسوجين على المحور الرأسي . وموقع أخذ العينات أى المسافة بين موقع أخذ العينة ونقطة مصب المخلفات السائلة على المحور الأفقى .

كما يمكن رسم هذا المنحنى بمعادلات رياضية تربط بين التغيرات المختلفة ، الأخرى الحقيقة بجميع : -

المنحنى الأول ويبين معدل استهلاك الأكسوجين ومعادلاته كما سبق بيانها في الباب السابع عشر والمنحنى الثانى وبين معدل تجديد الأكسوجين

بالمجرى المائى نتيجة لامتنصاص المياه للأكسوجين الجوى . ومعادلة هذا المتحى :

$$D_t = D_a \times 10^{-k't}$$

$$K'_T = K'_{20} [1.02^{(T-20)}]$$

حيث D_t = النقص فى تركيز الأكسوجين بعد زمن قدره t يوم من صب المخلفات السائلة فى المجرى المائى .

D_a = النقص الأصى فى تركيز الأكسوجين فى خليط الماء المستقبل للمخلفات السائلة أى عند زمن t = صفر

وكل من D_t ، D_1 تقدر بالجزء فى المليون .

K' = ثابت تجديد الأكسوجين reoxygenation constant

وتتوقف قيمته على درجة الحرارة . عمق المياه . سرعتها

درجة اضطرابها فى المجرى المائى المستقبل .

t = الزمن مقدراً بالأيام .

K'_{20} = قيمة الثابت K' عند درجة حرارة ٢٠° مئوية وتساوى :

٠.٥ للمجارى المائية الكبيرة السريعة . ٠.١٥ - ٠.٢

للمجارى المائية البطيئة ، ٠.٥٥ للبحيرات الراكدة .

K'_T = قيمة الثابت K' عند درجة حرارة T ° مئوية .

ولقد أدمج ستريتر (Streeter) المعادلتين للمنحنين فى معادلة

واحدة كالآتى :

$$D_t = \frac{KL_a}{K'-K} (10^{-kt} - 10^{-k't}) + D_a 10^{-k't}$$

حيث

D_t = النقص في تركيز الأكسوجين بعد مرور زمن قدره يوم
مقدراً بالجزء في المليون .

I_a = الأكسوجين الحيوى المستهلك في نهاية المرحلة الأولى
(راجع ص ٦٢٤ - ٦٢٥)

D_a = النقص الأصى في تركيز الأكسوجين في خليط المخلفات
السائلة والماء المستقبل لها . مقدراً بالجزء في المليون أى
عند زمن = صفر

K = ثابت استهلاك الأكسوجين .

K' = ثابت تجديد الأكسوجين .

وقد سبق تحديد قيمة كل من ثابتين K , K' .

كما يمكن تحديد الزمن الذى يصل عنده تركيز الأكسوجين في الماء
لأقل ما يمكن - وهو ما يسمى بالزمن الحرج (Critical Time) من
المعادلة :

$$t_c = \frac{1}{K_1 (f - 1)} \log f \left[1 - (f - 1) \frac{D_a}{I_a} \right]$$

حيث $f = \frac{K'}{K}$ ويسمى معامل التنقية الذاتية

t_c الزمن الحرج .

أما باقي الرموز فهي كما في المعادلات السابقة . كما أن أكبر نقص
في تركيز الأكسوجين في المجرى المائى - وهو الذى يحدث عند الزمن

الخرج - فيمكن تقديره من المعادلة :

$$D_c = \frac{I_a}{f} \cdot 10^{-K_1 c}$$

وتختلف قيمة « f » باختلاف حالة المجرى المائي ويقترح فاير Fair القيم الآتية لها :

| المجرى المائي | قيمة « f » معامل التنقية الذاتية |
|--------------------------|----------------------------------|
| بركة صغيرة | ٠.٥ - < ١.٠ |
| بركة كبيرة أو مجرى صغير | ١.٠ - < ١.٥ |
| مجرى كبير ذو سرعة صغيرة | ١.٥ - < ٢.٠ |
| مجرى كبير ذو سرعة متوسطة | ٢.٠ - < ٥.٠٠ |
| مجرى كبير ذو سرعة كبيرة | أكبر من ٥.٠ |

مستسا (١) :

مدينة تصرف مخلفاتها السائلة في النهر المجاور لها - فإذا كان متوسط التصريف لهذه المخلفات هو ٣٨٠٠٠ متر^٣/يوم (٠.٤٤٥ متر^٣/الثانية) . وكان تصرف النهر هو ٨٥٠٠٠٠ متر^٣/يوم - المطلوب رسم منحنى ترسيم الأكسوجين إذا أعطيت البيانات الآتية :

الأكسوجين الحيوى للمخلفات = ٢٥٠ جزء فى المليون

- درجة حرارة المخلفات = ٢٤° مئوية

- درجة حرارة مياه النهر = ٢١° مئوية

. الأكسوجين الذائب فى المخلفات = ٤.٢٥ جزء فى المليون

- الأكسوجين الذائب فى مياه النهر = ٦.٣٠ جزء فى المليون

- الأكسوجين الحيوى لمياه النهر = ٢٠ جزء فى المليون
 — ثابت استهلاك الأكسوجين $K = ٠.١$ (عند درجة حرارة ٢٠°)
 — ثابت تجديد الأكسوجين $K' = ٠.٢$ (عند درجة حرارة ٢٠°)
 الحسل : درجة حرارة الخليط =

$$٢١.٢ = \frac{٢١ \times ٨٥٠٠٠٠ + ٢٤ \times ٣٨٠٠٠}{٨٥٠٠٠٠ + ٣٨٠٠٠}$$

الأكسوجين الذائب فى الخليط =

$$٦.٢٠ \text{ جزء/مليون} = \frac{٦٣ \times ٨٥٠٠٠٠ + ٤.٢٥ \times ٣٨٠٠٠}{٨٥٠٠٠ + ٣٨٠٠٠}$$

وبذلك تكون قيمة D_u فى معادلة ستريتر السابقة تساوى درجة تشبع الأكسوجين فى الماء عند درجة حرارة ٢٠.١٢° مئوية (وتساوى ٩ جزء فى المليون) مطروحا منها درجة التركيز التفاعلية للأكسوجين فى الخليط — أى أن :-

$$D_u = 9 - 6.2 = 2.8 \text{ ppm}$$

الأكسوجين الحيوى للخليط (خمسة أيام — ٢٠°) =

$$٢٩.٧ \text{ جزء/مليون} = \frac{٢٠ \times ٨٥٠٠٠٠ + ٢.٥٠ \times ٣٨٠٠٠}{٨٥٠٠٠ + ٣٨٠٠٠}$$

من المعادلة (١) (الباب السابع عشر)

$$\frac{L - X}{L} = 10^{-Kt}$$

$$\frac{L - 29.7}{L} = 10^{-0.1 \times 5}$$

$$\therefore L = 43.6 \text{ ppm}$$

أى أن الأكسوجين الحيوى للخليط فى نهاية المرحلة الأولى للتحلل عند درجة حرارة ٢٠° مئوية يساوى ٤٣.٦ جزء/المليون .

$$L_T = L_{20} [1 + 0.02 (T - 20)]$$

$$L_{21.2} = 43.6 [1 + 0.02 (21.2 - 20)] = 44.6 \text{ ppm}$$

أى أن الأكسوجين الحيوى للخليط فى نهاية المرحلة الأولى للتحلل عند درجة حرارة ٢١.٢° مئوية يساوى ٤٣.٦ جزء/المليون .

$$K_T = K_{20} \times 1.047^{(T-20)}$$

$$\therefore K_{21.2} = 0.1 \times 1.047^{(21.2-20)} = 0.106$$

أى أن ثابت استهلاك الأكسوجين عند ٢١.٢° مئوية = ٠.١٠٦

$$K'_T = K_{20} \times 1.02^{(T-20)}$$

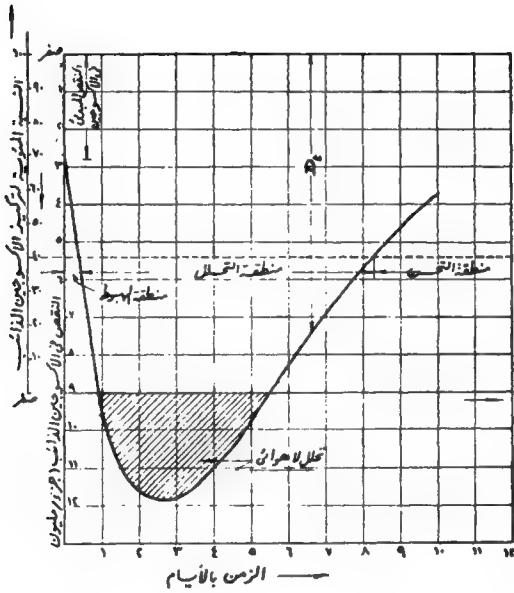
$$\therefore K'_{21.2} = 0.2 \times 1.02^{(21.2-20)} = 0.204$$

أى أن ثابت تجديد الأكسوجين عند ٢١.٢° مئوية = ٠.٢٠٤
ويعطى معادلة ستيرير السابقة :

$$D_t = \frac{K_L}{K' - K} (10^{-Kt} - 10^{-K't}) + D_u \times 10^{-K't}$$

نجد أن كل من الرموز D_u ، K ، K' ، L ، t ، D_t معروفة . وبذلك نعوض
بقيم معروفة للمتغير t (الزمن) فنحصل على القيم المناظرة للحد D_t أى
نقطة من تركيز الأكسوجين فى ماء النهر بعد صب المخلفات السائلة عن
دوح الشبع . والجهد لرقم (٢١ - ١) يعطى طريقة مبسطة للتعويض فى
المعادلة السابقة - ومنه يمكن رسم المنحنى كما فى الشكل رقم (٢٢ - ٢) :

| الزمن t | $\frac{K_L}{K-K}$ | $\frac{K_t}{10-K_t}$ | $\frac{K_t}{10-K_t}$ | $\frac{K_t}{10-K_t}$ | $\frac{K_t}{10-K_t}$ | $\frac{K_t}{10-K_t}$ | $\frac{K_L}{K-K} (10^{K_t} - 10^{K'_t})$ | D_t |
|---------|-------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--|-------|
| ١ | ٢٧.٢٥ | ٠.١٠٦ | ٠.٧٩٢ | ٠.٢٠٤ | ٠.٦٢٥ | ٠.١٦٧ | ١.٧٥ | ٧.٩ |
| ٢ | ٢٧.٢٥ | ٠.٢١٢ | ٠.٦١٢ | ٠.٤٠٨ | ٠.٣٩١ | ٠.٢٢٢ | ١.١٠ | ١٠.٥٠ |
| ٣ | ٢٧.٢٥ | ٠.٣١٨ | ٠.٤٨٠ | ٠.٦١٢ | ٠.٢٤٤ | ٠.٢٣٦ | ٠.٦٨ | ١١.١٥ |
| ٤ | ٢٧.٢٥ | ٠.٤٢٤ | ٠.٣٧٦ | ٠.٨١٦ | ٠.١٥٣ | ٠.٢٢٢ | ٠.٤٣ | ١٠.٥٥ |
| ٥ | ٢٧.٢٥ | ٠.٥٣٠ | ٠.٢٩٥ | ١.٠٢٠ | ٠.٠٩٥ | ٠.٢٠٠ | ٠.٢٧ | ٩.٤٧ |
| ٦ | ٢٧.٢٥ | ٠.٦٣٦ | ٠.٢٣١ | ١.٢٢٤ | ٠.٠٦٠ | ٠.١٧١ | ٠.١٧ | ٨.٠٨ |
| ٧ | ٢٧.٢٥ | ٠.٧٤٢ | ٠.١٦١ | ١.٤٢٨ | ٠.٠٣١ | ٠.١٤٤ | ٠.١٠ | ٦.٨٢ |
| ٨ | ٢٧.٢٥ | ٠.٨٤٨ | ٠.١٤٢ | ١.٦٣٢ | ٠.٠٢٣ | ٠.١١٩ | ٠.٠٦ | ٥.٦٣ |
| ٩ | ٢٧.٢٥ | ٠.٩٥٤ | ٠.١١١ | ١.٨٣٦ | ٠.٠١٥ | ٠.٠٩٦ | ٠.٠٤ | ٤.٥٥ |
| ١٠ | ٢٧.٢٥ | ١.٠٦٠ | ٠.٠٨٧٢ | ٠.٠٤٠ | ٠.٠٠٩ | ٠.٠٧٨ | ٠.٠٢ | ٣.٦٩ |



(شكل رقم ٢٢-٢)

مثال (٢) :

في المثال السابق إذا كانت سرعة المياه في النهر هي كيلومتر في الساعة فأوجد بعد بداية ونهاية منطقة التحلل عن نقطة مصب المخلفات السائلة في النهر .

الحل : من المنحنى (شكل ٢٢-٢) نجد أن درجة تركيز الأكسوجين في ماء النهر تنخفض ليصل إلى ٤٠٪ من تشبع الأكسوجين في الماء بعد ثمانية ساعات تقريباً .

منطقة التحلل تبدأ بعد : $8 \times 1000 = 8$ كيلومتر

كذلك من المنحنى نجد أن درجة تركيز الأكسوجين في الماء تأخذ في الارتفاع ثانية لتصل إلى ٤٠٪ من تشبع الأكسوجين في الماء بعد ٨.٣ يوم ... منطقة التحلل تنتهى بعد $8.3 \times 24 \times 1 = 200$ كيلومتر .

وفي جمهورية مصر العربية يمنع منعاً باتاً (حتى الآن) صب أى مخلفات سائلة تحتوى مخلفات منزلية سواء قبل المعالجة أو بعد المعالجة النهائية في نهر النيل أو الترع والرياحات المتفرعة منه - إلا أنه تسمع بصب هذه المخلفات في المصارف العمومية المستعملة لصرف مياه الري إذا توافرت الشروط الآتية حسب القرار الجمهوري رقم ٩٣ لسنة ١٩٦٢ .

(١) المخلفات الصناعية (Industrial Wastes) من المحال التجارية أو

الصناعية فقط :

١ - الأكسوجين الحيوى (B.O.D.) :

لا يزيد عن ٦٠ جزء في المليون .

- ٢ - الأكسوجين الكيافي المتص (C₆O.D.) :
لا يزيد عن ٤٠ جزء في المليون .
- ٣ - لا تزيد المواد العالقة عن ٨٠ جزء في المليون .
- ٤ - لا يقل الأس الهيدروجيني (pH) عن ٦ ولا يزيد عن ٩ .
- ٥ - لا تزيد الكبريتيدات مقدرة على أساس كـب عن جزء واحد في المليون .
- ٦ - لا تزيد السيانيدات عن ٠.١ جزء في المليون .
- ٧ - لا تزيد الشحوم والزيوت عن ١٠.٠ جزء في المليون .
- ٨ - لا يزيد الزيتول عن ٠.١ جزء في المليون .
- ٩ - لا يزيد الكلور عن ١.٠ جزء في المليون .
- ١٠ - لا تزيد عناصر الكروم والزرنيخ والفضة والنحاس والكلسيوم والزنك والباريوم والسيانوم والرصاص والنيكل . منفردة أو مجتمعة عن ١.٠ جزء في المليون .
- ١١ - لا تزيد المواد الذائبة عن ٥٠٠.٠ جزء في المليون .
- ١٢ - لا تزيد درجة الحرارة عن ٣٥° مئوية .
- ١٣ - لا تزيد المواد الملوثة مقدرة على أساس الشفافية بعد الترسيب . لمدة ساعة عن ١٠.٠ سم .
- ١٤ - لا تحتوي ميديات حشرية أو مواد مشعة .
- (ب) المخلفات السائلة المجمعة من المصادر المختلفة (sewage) :
- ١ - لا يزيد الأكسوجين الحيوي المتص عن ٤٠ جزء في المليون .
- ٢ - لا يزيد النـزرجين الكيماوي المتص عن ٣٠ جزء في المليون .
- ٣ - لا تزيد المواد العالقة عن ٥٠ جزء في المليون .

كما يجب معالجة هذه المخلفات السائلة قبل صرفها بالكلور لتطهيرها بحيث لا يقل الكلور المتبقى بها بعد عشرين دقيقة من الاضافة عن نصف جزء في المليون .

كما يجوز صرف المخلفات السائلة أيا كانت نوعها في البحار أو البحيرات بشرط ألا تؤثر تأثيراً ضاراً بشواطئ الاستحمام أو بالمنشآت البحرية أو نبات المحار أو الاسفنج أو الأسماك أو الكائنات التي تعيش بتلك البيئة الطبيعية .

إلا أنه يؤخذ على هذا القانون أنه يتطلب معايير خاصة للمخلفات الصناعية تختلف عما يتطلبه في المخلفات المنزلية على مخلفات منزلية رغم أن جميع المخلفات صناعية كانت أو منزلية يتم تجميعها في شبكة صرف واحدة - كما أن المعايير التي يتطلبها القانون لا تنقيد بحاله المجرى المائي المستقبل للمخلفات ومدى صلاحية من ناحية كمية المياه الحارة فيه أو حالتها وتركيز الأكسجين فيها أو احتمالات استعمالها بعد صرف مخلفات السائلة فيها .

ويشترط نفس القرار الجمهوري توافر المواصفات الآتية في المخلفات الصناعية من الناحية التجارية أو الصناعية قبل صباها في شبكات الصرف الصحي العمومية لتعالج ويتخلص منها مع بقية المخلفات من المنازل وغيرها .

- ١ - لا تزيد درجة الحرارة عن ٤٠ درجة مئوية .
- ٢ - لا يقل الأسس الهيدروجيني عن ٦ ولا يزيد عن ١٠ .
- ٣ - لا تزيد المواد الراسبة عن ٥ سم في المتر في عشرة دقائق .
- ٤ - لا تزيد المواد الراسبة عن ١٠ سم في المتر في ثلاثين دقيقة .
- ٥ - لا تحتوي على أجسام يزيد قطرها عن نصف سنتيمتر .
- ٦ - لا يزيد كبريتور الهيدروجين مقدراً على هيئة كبر عن ١ جزء في المليون .

- ٧ - لا تزيد الزيوت والشحوم عن ١٠٠ جزء في المليون .
٨ - لا تحتوي على مواد سامة بكيات ضارة بحياة الأسماك أو الكائنات الحية .
٩ - لا تحتوي على مواد ينتج عنها تصاعد غازات قابلة للانفجار أو التي درجة اشتغالها ٨٥ ° مئوية أو أقل .

التخلص من المخلفات السائلة في البحار (Disposal into sea) :

وبدسهي أن هذا لا يتيسر إلا في البلاد التي تقع على شاطئ البحر وقبل البدء في تصميم عمليات التخلص من المخلفات السائلة بهذه الطريقة يجب عمل الدراسات الآتية :

- | | |
|----------------------------|--------------|
| ١ - دراسة التيارات البحرية | Sea Currents |
| ٢ - دراسة الأمواج | Sea waves |
| ٣ - دراسة الرياح | Winds |
| ٤ - دراسة المد والجزر | Tide |

وأبسط الطرق التي تتبع لهذه الدراسات هي وضع عوامات مرقمة (رجاكات - قطع خشبية) . في أماكن مختلفة في البحر مع رصد تحركات هذه العوامات بواسطة جهاز زوارق يومياً على أن تستمر هذه الدراسة لمدة سنة على الأقل—وبذلك يمكن دراسة اتجاه وسرعة التيارات البحرية والأمواج البحرية السائدة في المنطقة .

وبناء على هذه الدراسة يختار أفضل موقع للمصب الذي لا تسبب اتجاه التيارات والرياح والأواج فيه إزاحة للمخلفات إلى الشاطئ . بل تنزيعها إلى داخل البحر . وذلك مع مراعاة الشروط الآتية العامة :

١ - الإبتعاد بالمصب عن أماكن توالد الأحياء الصدفية حتى لا تلوث المخلفات السائلة هذه الأماكن وهذا يعتبر شرطاً هاماً نظراً لأن الأحياء الصدفية أثناء تنفسها تعجز البكتيريا من الماء (ومنها ما يسبب أمراضاً) وبذلك يزداد تركيز هذه البكتيريا في الأحياء الصدفية مما يخشى معه انتقال الأمراض إلى الإنسان عن طريق أكل هذه الأحياء .

٢ - يجب أن تمتد ماسورة المصب ما لا يقل عن ١٥٠ متر داخل البحر على أن يكون المخرج على عمق كبير (في الاسكندرية تمتد ١٧٠ متر وعلى عمق ١٦ متر) .

٣ - في حالة ارتفاع سطح الماء أثناء المد يفضل أن تزود مخرج الماسورة بصمام يسمح بخروج الماء منها إلى البحر ولا يسمح بدخول ماء للبحر إليها كما أنه يفضل أن يبنى أحواض كافية لتخزين المخلفات السائلة في الفترة التي يكون فيها المد العالي . بحيث تصرف المياه من هذه الأحواض في فترة الجزر .

٤ - يجب أن تمر المخلفات السائلة خلال مصفاة لحجز المواد الطافية ومنعها الوصول إلى المصب وذلك تفادياً لظهورها على سطح البحر بشكل يؤذى النظر .

٥ - استعمال طلمبات لدفع المخلفات السائلة في ماسورة المصب إذا كانت مناسب شبكة الصرف الصحي منخفضة عن منسوب الماء في البحر .

تعقيم المخلفات السائلة قبل التخلص منها بالتخفيف

من الدراسات السابقة لطرق معالجة المخلفات السائلة يتضح أنه يمكن الحصول على درجة النقاة المرغوب فيها باختيار وحدات المناسبة وكما هو

موضع في الجدول رقم (٢١-٢). وبذلك يمكن التحكم في درجة تركيز كمية انخافات الممكن صرفها في المجارى المائية حسب نوع وكمية المياه المستعملة لها - كما يتضح منه أيضاً أنه باستعمال طريقتى تنشيط الحمأة والترشيح يمكن التخلص من حوالى ٩٥ ٪ من البكتيريا مما قد يغنى عن ضرورة التعقيم بالكور قبل الصرف بالمجارى المائية .

جدول رقم (٢١-٢)

درجة النقاوة الممكن الحصول عليها من كل وحدة

| الوحدة | | درجة النقاوة ٪ | |
|------------------------------------|-----------|----------------|-----------|
| ٥ - يوم | مساواة | ٥ - يوم | مساواة |
| أكسوجين | عالية | أكسوجين | عالية |
| حيسوى | | حيسوى | |
| ١ - الخبز بالشبكات الحديدية . | ٥ - ١٠ ٪ | ٢ - ٢٠ ٪ | ١٠ - ٢٠ ٪ |
| ٢ - الترسيب العادى | ٢٥ - ٤٠ ٪ | ٤٠ - ٧٠ ٪ | ٢٥ - ٧٥ ٪ |
| ٣ - الترسيب الكيماوى | ٥٠ - ٨٥ ٪ | ٧٠ - ٩٠ ٪ | ٤٠ - ٨٠ ٪ |
| ٤ - الترشيح الميكانيكى مسوقاً | | | |
| ومتبوعاً بالترشيح العادى | ٨٠ - ٩٥ ٪ | ٧٠ - ٩٢ ٪ | ٩٠ - ٩٥ ٪ |
| ٥ - تنشيط الحمأة مسبوقة ومتبوعة | | | |
| بالترسيب العادى | ٨٥ - ٩٥ ٪ | ٨٥ - ٩٥ ٪ | ٩٠ - ٩٨ ٪ |
| ٦ - الترشيح الرملى | ٩٠ - ٩٥ ٪ | ٨٥ - ٩٥ ٪ | ٩٥ - ٩٨ ٪ |

إلا أنه زيادة في الاطمئنان يدخل استعمال الكانور في معالجة المخلفات السائلة للتخلص من رائحتها قبل صرفها في المجارى المائية التي تستعمل للاسباحة

أو الصديد أو الترفيه بالإضافة إلى زيادة كفاءة عملية التخلص من البكتيريا الضارة .

ولذلك أحسن النتائج لابد أن لا تقل مدة التلامس عن ٣٠ دقيقة عند التعرض المتوسط وبحيث يتراوح الكلور الزائد (Residual Chlorine) ما بين ٠.٠٢ - ١ جزء في المليون . وهذا كاف لقتل أكثر من ٩٩,٩٪ من بكتيريا الكوليفورم (Coliform) الموجودة . (والجدول الآتي يوضح التركيز المطلوب من الكلور لتعقيم المخلفات السائلة) .

| | |
|-------------------------------------|---------------------|
| مخلفات سائلة بعد المصافي | ٦ - ٢٤ ملليجرام/لتر |
| مخلفات سائلة بعد الترسيب | ٣ - ١٨ ملليجرام/لتر |
| مخلفات سائلة بعد الترسيب الكماوى | ٣ - ١٢ ملليجرام/لتر |
| مخلفات سائلة بعد الترشيح | ٣ - ٩ ملليجرام/لتر |
| مخلفات سائلة بعد عملية تنشيط الحمأة | ٣ - ٩ ملليجرام/لتر |
| مخلفات سائلة بعد الترشيح الرملى | ١ - ٦ ملليجرام/لتر |

وبالرغم من أن للكلور تأثير فعال في قتل البكتيريا ، إلا أن تأثيره في تخفيض الأوكسجين الحيوى محدود . فقد وجد أنه لنقص الأوكسجين الحيوى في المخلفات الحام بنسبة ٣٥ ٪ يحتاج إلى تركيز في الكلور يتراوح ما بين ١٠٠ إلى ٣٠٠ ملليجرام/لتر . كما أنه باستعمال الكلور بعد الترسيب العادى لا نتوقع أن يزيد متوسط النقصان في الأوكسجين الحيوى عن ٤٥ ٪ .

على أنه في حالة الوصول بنتائج طيبة للتشغيل في عمليات التنقية المكثفة للمخلفات السائلة فإنه يمكن التخلص من البكتيريا الضارة مما يفي في معظم الأحيان عن ضرورة التعقيم بالكلور إذ أن استعمال الكلور لا يؤدى لزيادة كبيرة في كفاءة التنقية تتناسب مع التكاليف الباهظة في تشغيله .

طريقة التخلص بالرى

(Disposal by Irrigation)

وتسمى أحياناً التخلص على سطح الأرض (disposal on land) وهذه الطريقة تتبع في جميع البلاد الداخلية التي لا تقع على أنهار أو بحار - وهى تستعمل للتخلص من المخلفات السائلة وهى خام (بعد التصفية) أو بعد التبنية الابتدائية أو بعد المعالجة الكاملة - إلا أنه يفضل ألا تستعمل للتخلص من المخلفات الخام إذ قد يتسبب ذلك في انسداد سريع لاسم التربة لما فى هذه المخلفات الخوام من مواد عالقة كثيرة .

وتختلف كمية المياه التى يمكن للفدان الواحد أن يستوعبها تبعاً لنوع التربة وكذلك تبعاً لطبيعة تكوين ومحتويات المخلفات السائلة ودرجة تركيز مائيا من مواد عالقة عضوية وغير عضوية - ويقدر المقتن المائى للفدان كالتالى :

٥٠ متر مكعب يومياً للمخلفات المعالجة ابتدائياً والأرض رملية .

٣٠ متر مكعب يومياً للمخلفات المعالجة ابتدائياً والأرض طينية .

١٥ متر مكعب يومياً للمخلفات المعالجة ابتدائياً والأرض طينية خفيفة .

أما الأرض الطينية المتساكنة فلا تصلح لاستقبال المخلفات السائلة سواء معالجة أو غير معالجة .

على أنه يجب الأخذ فى الاعتبار أن عملية التخلص من المخلفات السائلة بطريقة الرى تشمل ضمناً معالجة هذه المخلفات ، إذ أن البكتيريا الهوائية الموجودة فى التربة وفى المخلفات السائلة نفسها تنشط فى تثبيت المواد العضوية وتحولها إلى مواد غير عضوية ثابتة باستخدام الأكسجين الذى تنمسه من الهواء - راجع دورة الآزوت فى الطبيعة - وبذلك تفقد المخلفات السائلة قدرتها على الأضرار بالصحة العامة وهو الغرض الرئيسى فى معالجتها والتخلص منها .

وهناك ثلاثة طرق للتخلص من المخلفات السائلة بالمري :

١ - ري الأرض بالطرق العادية (Broad Irrigation)

وفي هذه الطريقة تقسم الأرض إلى أحواض صغيرة تفصل بينها جسور قليلة الارتفاع (بتون) أسوة بالأراضي الزراعية العادية على أن تزود بالترع الرئيسية والقنوات الفرعية والمساق اللازمة لتوزيع المخلفات السائلة على سطح الأرض - كما تنشأ في الأرض المصارف التي تحمل المياه المتسربة من الأرض إلى مصرف رئيسي مجاور .

وفي الإمكان زراعة هذه الأرض بالنباتات على ألا ينظر إلى هذه الزراعة كمصدر للربح يكون هو الهدف الأول من العملية - إذ أن الغرض الرئيسي من تخصيص مساحة من الأرض لتروى بالمخلفات السائلة والتخلص من هذه المخلفات بطريقة سليمة مرضية وليس الحصول على ربح هادى - إذ أن ما ينتج من هذه المزرعة لن يغطى بأى حال مصاريف عملية المعالجة وأنه فى أحسن حال يكون جزءاً بسيطاً من هذه المصاريف .

ومن الواضح أن هناك خطر من انتقال الأمراض إلى الإنسان إذا زرع فى هذه الأرض الخضراوات التى تؤكل نيئة دون أن تطهى مثل الجزر والفجل والطماطم ... بل ينظر المهندسين الأمريكيين نظرة شاك إلى جميع المنتجات الزراعية التى يقصد بها اطعام الإنسان حتى او كان ذلك بعد طهيها إلا أن هذا يمكن التجاوز عنه إذا روعى أن تمر فترة كافية ما بين آخر مرة تروى فيها الأرض وزمن جمع المحصول - كما أنه فى مزارع المخلفات السائلة فى ألمانيا قد تمت زراعة البطاطس واللفت والجووب. هون أن يحدث أى حاة مرض نتيجة لاستعمال هذه المنتجات للاستهلاك الآدمى .

ويمكن النصح عامة بزراعة الأشجار الخشبية . والحبوب مثل القمح والأذرة والقرطم . كما يزرع القططن وأشجار اللوز والبندق وكذلك الموالح كالبرتقال والليمون على ألا يسمح لإطلاقاً بزراعة الخضر والفواكه التي تكون ثمارها بالقرب من سطح الأرض مثل أنواع الفراولة - وفي جميع الأحوال يجب استعمال المخلفات السائلة في الري بعد أن تكون قد مرت في خلال عملية التنقية الابتدائية على الأقل .

كما يجب عدم عمر الأرض بالمخلفات السائلة بمعدلات أكثر من المقننات التالية التي سبق ذكرها - حتى لا تصبح الأرض مشبعة بها غير قادرة على امتصاص المزيد منها - وفي هذه الحالة تصبح الأرض (Sewage sick) مما يجعل بل يمنع نشاط البكتيريا الهوائية الموجودة في التربة وبالتالي يجد تحوّل وتثبيت المواد العضوية إلى مواد غير عضوية ثابتة - وإذا ما وجد مثل هذه الحالة التي يستدل عليها بتكون برك من المخلفات السائلة على سطح الأرض يجب إيقاف عمر الأرض بالمخلفات السائلة وحرثها أكثر من مرة وفي هذه الطريقة أحياناً الترشيح في الأرض (Land filtration)

٢ - طريقة الترشيح المتقطع (Intermittent filtration) :

وهي لا تختلف كثيراً عن الطريقة السابقة - إذ في هذه الطريقة تغمر الأرض بالمخلفات السائلة بارتفاع يتراوح من خمسة عشرة سنتيمتراً إلى عشرين سنتيمتراً . ثم تترك لتتسرب إلى باطن الأرض ثم يعاد الغمر مرة كل ثمانية عشرة ساعة ويستمر ذلك لمدة عشرة أيام . ثم تترك الأرض لتراخي لمدة عشرة أيام تكون المخلفات السائلة موجهة إلى حوض آخر .

وفي هذه الحالة لا يلتفت إلى زراعة الأرض بأية محاصيل . وهذه الطريقة أحسن ما تتبع في الأراضي الزراعية الرملية الكثيرة المسام

- حيث تتسرب الماء إلى داخل الأرض - إلا أنه في الأراضي العادية يمكن عمل شبكة من المواسير ٣-٤ م متوحة الوصلات كمصارف مغطاة في باطن الأرض - والمسافة فيما بين المواسير تتراوح من ١٠ إلى ٢٠ متر وتكون على عمق متر تحت سطح الأرض - وتصب جميع هذه المواسير ما يصل إليها من مياه في مصرف رئيسي .

٣ - طريقة المساطب الترابية (Ridge & Furrow) :

وفي هذه الحالة تعمل خطوط وخنادق متوازية متقاربة من بعضها لتمر المخلفات في هذه الخطوط فتسرب في الأرض .
وهذه الطريقة لا تتبع كثيراً لكبر تكاليفها .

٤ - طريقة الري بالرش (Spraying) :

وفيها ترش المخلفات السائلة على سطح الأرض بمعدل ثابت على هيئة قطرات مثل قطرات المطر وذلك بواسطة رشاشات دوارة - وينبع في هذه الطريقة أسوة بالطريقة السابقة إنشاء مصارف مغطاة تصب في مصرف رئيسي .

درجة التخصيب للمخلفات السائلة : Fertilizing value of Sewage

تختلف الآراء في قيمة المخلفات السائلة في التخصيب وإمداد النبات بالحاجته الغذائية - إلا أنه يمكن القول أن المخلفات السائلة الخام تحتوي على حوالي ٢٠ جزء في المليون أزوت منها حوالي ١٠ جزء في المليون أزوت قابل للامتصاص بالنبات ، إلا أن المخلفات السائلة المعالجة قد تحتوي على نسبة أقل من هذه - فالياه الخارجة من المرشحات العادية ملامتحة على عشرة أجزاء في المليون أزوتات . ونصف جزء في المليون أوزوتيت .

كما أن المخلفات السائلة الخام تحتوي على خمسة أجزاء في المليون حامض فوسفوريك . عشرين جزء في المليون بوتاسيوم وهذه النسب للمواد الغذائية الموجودة في المخلفات السائلة بالإضافة إلى نوع النبات واحتياجاته الغذائية تلقي ضوءاً على القيمة الاقتصادية للمخلفات السائلة كمخصب للأراضي الزراعية .

الباب الثالث والعشرون

معالجة الحمأة والتخلص منها

Sludge Treatment & Disposal

نتيجة لعمليات معالجة المخلفات السائلة والتي سبق شرحها تنفصل نسبة كبيرة من المواد الصلبة عن المخلفات السائلة ومن ثم يلزم التخلص من كل من المواد الصلبة والسوائل كل على حدة — والمواد الصلبة التي انفصلت عن السوائل تتجمع في قاع أحواض الترسيب على هيئة حمأة أى رواسب تتوى على نسبة عالية من المياه تصل إلى ٩٠ ٪ أو ٩٥ ٪ من الوزن الكلى للحمأة وهذه الحمأة تمثل خطراً يهدد الصحة العامة إذا لم يتخلص منها بالطريقة السليمة على أنه يفضل أن تعالج الحمأة قبل التخلص منها بغية تحسين حالتها وزيادة قابليتها للترشيح (filtrability) أى قابلية انفصال المواد الصلبة عن السائلة بالترشيح إما فى أحواض التجفيف أو باللات خلخلة الهواء أو بغيرها من الطرق التى سيأتى ذكرها .

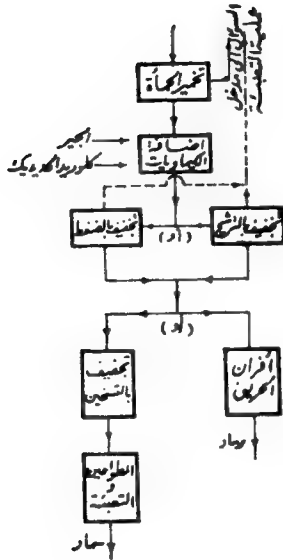
ومن طرق المعالجة (Sludge Treatment or Conditioning) :

- ١ - تخمير الحمأة Sludge digestion
- ٢ - تركيز الحمأة Sludge concentration or thickening
- ٣ - معالجة الحمأة بالكيمائيات Chemical Treatment
- ٤ - غسيل أو نقع الحمأة Sludge Elutriation

هذا إذا كانت الحمأة سيتم التخلص منها بعد التجفيف أما إذا كانت التخلص من الحمأة سيتم قبل التجفيف فلا داعى لمعالجة الحمأة بهذه الطرق إقتصاداً فى التكاليف .

كمية الحمأة المرسبة فى الأحواض المختلفة :

تتوقف كمية الحمأة المتجمعة فى أحواض الترسيب على عدة عوامل :
كمية المخلفات السائلة ، معدل استهلاك المياه (لتر / شخص / يوم) ، تركيز



(شكل رقم ٢٣ - ١)

المواد العالقة وقابليتها للترسب . ومدى تركيز المواد الصلبة في الحمأة .

مثال : إذا فرض أن كمية المخلفات السائلة ألف متر مكعب/اليوم

وتركيز المواد العالقة ٤٠٠ جزء في المليون وكفاءة الترسب في حوض الترسب الابتدائي ٦٠ - ٧٠ ٪ وتركيز المواد الصلبة في الحمأة ٠ ٪ فإن كمية الحمأة

في أحواض الترسب تقدر كالتالي :

١ - الحمأة المرسية في حوض الترسيب الابتدائي :-

$$\text{وزن المواد المرسية} = ٠,٦٥ \times ٤٠٠ \times \frac{١٠٠٠}{١٠٠٠٠٠٠}$$

$$= ٠,٢٦ \text{ طن} = ٢٦٠ \text{ كيلوجرام}$$

$$\dots \text{ وزن الحمأة بما فيها من ماء} = \frac{١٠٠}{١٠٠} \times ٢٦٠ = ٢٦٠ \text{ كيلوجرام}$$

$$\text{ولما كانت كثافة الماء} = ١ \times ٠,٩٥ + ١,٢ \times ٠,٠٥ = ١,٠١$$

٠٠ حجم الحمأة المجمعة في حوض الترسيب الابتدائي = ٢٦٠ متر مكعب . وذلك من ١٠٠٠ متر مكعب مخلفات سائلة - أى أن الحمأة حوالى ٥ في الألف من المخلفات المعالجة .

ب - الحمأة المرسية في حوض الترسيب النهائى :

تركيز المواد العالقة بعد الترسيب الابتدائي ١٤٠ جزء في المليون - وبفرض ان الكفاءة الكلية العملية التنقية بعد الترسيب النهائى = ٩٠ ٪ فان تركيز المواد العالقة بعد المعالجة النهائية = ٤٠ جزء في المليون .

٠٠ المواد العالقة المزالة في حوض الترسيب النهائى

$$= ١٤٠ - ٤٠ \text{ جزء في المليون}$$

٠٠ وزن المواد المزالة في حوض الترسيب النهائى (من ١٠٠٠ متر^٣)

$$= \frac{١٠٠ \times ١٠٠٠}{١٠٠٠٠٠٠} = ٠,١ \text{ طن} = ١٠٠ \text{ كيلوجرام}$$

وبفرض أن تركيز المواد الصلبة في الحمأة في حوض الترسيب النهائى = ٢ ٪ يكون الوزن الكلى للحمأة هو ١٠٠ × ٥٠ = ٥٠٠٠ كيلوجرام / يوم

٠٠ حجم الحمأة = ٥ متر مكعب / يوم

أى أن حجم الحمأة هى ٥ في الألف من حجم المخلفات السائلة المعالجة .
وبذلك نكون الحجم الكلى للحمأة في عملية التنقية :

من حوض الترسيب الابتدائي = ٥ متر^٣

من حوض الترسيب النهائي = ٥ متر^٣

الحجم الكلى = ١٠ متر^٣

... الحجم الكلى للحمأة = ١٠ فى الألف = ١٪

من الحجم الكلى للمخلفات السائلة المعالجة .

أما إذا اعتبرنا معدل استهلاك المياه هو ١٨٠ لتر للشخص فى اليوم
فان تعداد السكان لتصرف ألف متر مكعب يومياً = ٥٥٠٠

وبذلك تكون كمية الحمأة :

$$= ١٠ - ١٠٠٠ = ١.٨ \text{ لتر / شخص / يوم}$$

(فى المتوسط من ١.٥ إلى ٢.٠ لتر / شخص / يوم منها حوالى ١.٠ -
لتر / شخص / يوم ناتجة من الترسيب الابتدائي والباقي من الترسيب النهائي).

التخلص من الحمأة قبل التجفيف

١ - دفن الحمأة (Sludge Trenching) :

ويتم ذلك بحفر خنادق محطبة متوازية بعمق متر ونصف على أن تلقى
الحمأة فى الخنادق ثم تغطى بطبقة من التراب بارتفاع ثلاثين سنتيمتراً على
الأول وذلك لمنع تصاعد الروائح منها . وكذلك لمنع تولد الذباب - ويمكن
استغلال المساحة المستعملة كحديقة على ألا يعاد حفر الخنادق فى نفس المنطقة
إلا بعد مرور سنتين على الأقل .

٢ - قذف الحمأة فى البحر (Sludge dumping into sea) :

ويشترط لاتباع هذه الطريقة تواجد المدينة بالقرب من شاطئ البحر على
أن يكون البحر بالإسراع الكافى بحيث تستوعب مياهه هذه الحمأة دون أن

يهبط الأكسوجين الذائب في ماء البحر عن الحدود المقررة الكافية لنمو ونشاط الكائنات الحية البحرية التي تعيش أصلاً في البحر - ويشترط دائماً أن يكون موقع التخلص من الحمأة في داخل البحر وعلى أعماق كافية بحيث تغمر ألا تدفع الرياح أو التيارات الرواسب إلى الشاطئ - ويتم قذف الحمأة إلى البحر إما عن طريق طلمبات تدفعها إلى موقع التخلص أو يتمحلي الحمأة في سفن خاصة تسير بها إلى عرض البحر حيث يتم التخلص منها - وتشتترط بنفس المواصفات على ألا تقل النسبة بين حجم الماء في البحر وكية الحمأة التي تمصب يومياً فيه عن ألفين ضعف ويشترط أن يوجد من التيارات ما يمنع الترسيب .

٣ - استعمال الحمأة السائلة كسماد (Disposal as manure)

وفي هذه الحالة تحمل الحمأة في سيارات نقل ذات اسطوانات معدنية محكمة (فناطيس) لتقوم بتوزيعها على المزارع المجاورة إما بأجر أو مجاناً - وهذه الطريقة تستعمل بنجاح في بلاد كثيرة في الخارج .

٤ - الحرق (Incineration) :

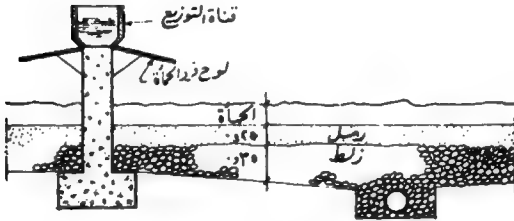
وفي هذه الحالة تدفع الحمأة السائلة إلى قمة أفران خاصة حيث تتعرض لدرجات من الحرارة العالية كافية لتجفيفها ثم حرقها - والحرارة الناتجة عن حريق جزء من الحمأة تساعد على تجفيف وحريق الجزء التالي له وهكذا مع استعمال الوقود الإضافي في بعض الأحوال .

التخلص من الحمأة بعد التجفيف .

ويلزم قبل دراسة طرق التخلص من الحمأة بعد التجفيف أن تدرس أولاً طرق التجفيف وأهم هذه الطرق :

١ - التجفيف على أسطح من الرمال (Sand Sludge drying beds):

ويلازم لهذا إعداد أحواض التجفيف مساحة كل منها حوالي ٥ - ١٠ متر وبترأوح عمقها من متر إلى متر ونصف - على أن تزود بشبكة من مرابير الصرف المفتوحة الوصلات في القاع يتراوح البعد بين كل ماسورتين من أربعة إلى ثمانية أمتار ، على أن تغطي هذه المراسير بطبقة من الزلط بارتفاع ٣٠ - ٤٠ سم وعلى أن يكون قطر الزلط ما بين سنتيمتر . وخمسة سنتيمترات - يعلوها طبقة من الرمل بارتفاع - إلى خمسة وعشرون سنتيمتراً (شكل ٢٣ - ٢) .



(شكل رقم ٢٣ - ٢)

وتوزع الحماة على هذه الأحواض من قنوات يرتفع قاعها عن سطح الرمل بما لا يقل عن خمسة وثلاثين سنتيمتراً على أن تزود بالوابات اللازمة على جوانبها كما يوضح أمام كل فتحة لوح مانع لاندفاع الحماة فوق سطح الرمل مسببة نحرأ فيه (splash plate) على أن تتراوح مقاسات هذه الألواح من ٧٥ إلى ٩٠ سم للطول والعرض .

والطريقة المتبعة في تجفيف الحماة على هذه الأحواض في أوروبا هي

أن تفرد الحمأة في هذه الأحواض بأعماق من ٤٥ - ٦٠ سنتيمتر أو تترك عدة أشهر لتجف بفعل عاملين .

١ - تبخر جزء من الماء بفعل الشمس وحرارة الجو .

٢ - تسرب جزء من الماء خلال الرمل والزلط إلى شبكة مواسير العرف وهذه المياه تكون شديدة التلوث ، ولذلك يجب رفعها إلى أحواض الترسيب الابتدائية لتمر خلال عملية المعالجة لتختلط بالهملفات السائلة وتخرج معها بعد معالجتها .

وباستعمال هذه الطريقة في مصر أى نشر الحمأة في هذه الأحواض بهدق حوالى نصف متر توالد الذباب في الحمأة قبل تمام جفافها نظراً لارتفاع درجة الحرارة في مصر عنها في أوروبا ولذلك يفضل نشر الحمأة على هذه الأحواض بأعماق صغيرة لا تتجاوز عشرة سنتيمترات ثم تترك لتجف عن طريق التبخر ، وتسرب الماء داخل الرمل لمدة لا تزيد عن خمسة أيام صيفاً - وتساء أيام شتاء - ثم يعاد نشر الحمأة في الخوض مرة أخرى ، وهكذا إلى أن يصل العمق - الكلى للحمأة بعد جفافها حوالى ثلاثين سنتيمتراً ومن ثم تزال لإعادة استعمال الحموض من جديد . على أنه يجب تغطية الطبقة الأخيرة بطبقة من الرمل بعد مضي خمسة أيام من نشرها للحد من توالد الذباب على سطحها حتى يتم تجفيفها .

وقد أدت هذه الطريقة إلى فائدتين :

١ - موت يرقات الذباب الذى يتوالد في كل طبقة نتيجة لغمرة بالطبقة الجديدة مما يسبب اختناقها .

٢ - تخمر المواد العضوية في الحمأة تدريجياً مما ينتج عنه إنعدام الرائحة في الحمأة بعد تجفيفها .

المساحة اللازمة لتجفيف الحمأة

تتوقف المساحة اللازمة لتجفيف الحمأة على :

كمية الحمأة - نسبة المياه فيها - درجة حرارة الجلو - طريقة نشر الحمأة على أحواض التجفيف .

مثال : إذا فرض أن الحمأة ستنشر على حوض التجفيف مرة على سبعة أيام على طبقات سمك عشرة سنتيمترات ، فإن المساحة اللازمة لتجفيف الحمأة المجمعة في المثال السابق تقدر كالتالي :

$$\text{كمية الحمأة المجمعة} = 10 \text{ متر مكعب / اليوم}$$

$$\therefore \text{المساحة اللازمة} = \frac{10}{0.1} = 100 \text{ متر}^2 / \text{يوم}$$

ولما كانت الحمأة ستنشر على نفس الحوض مرة كل أسبوع

$$\therefore \text{المساحة الكلية} = 7 \times 100 = 700 \text{ متر مربع}$$

وفي المثال السابق وحدنا أن الألف متر مكعب من المخلفات هو التصرف من ٥٥٠٠ شخص .

... المساحة اللازمة لتجفيف الحمأة هي متر مربع لكل أربعة عشرة أشخاص تقريباً (في المتوسط من ١٠ إلى ١٥ شخص) .

على أن تقسم المساحة اللازمة إلى أحواض مساحة كل منها حوالي ١٠٠ متر . مزودة بمواسير الصرف كما سبق ذكره .

مثال : أوجد المساحة اللازمة لتجفيف الحمأة الناتجة من أحواض الترسيب الابتدائي لعدد قدرة ربع مليون نسمة .

الحل :-

$$\text{كمية الحمأة} = \text{لتر واحد / شخص / يوم}$$

$$\therefore \text{كمية الحمأة الكلية} = 250 \text{ متر مكعب / يوم}$$

$$\text{سمك طبقة الحمأة} = 7 \text{ سم}$$

$$\dots \text{المساحة اللازمة في اليوم} = \frac{٢٥٠}{٠,٠٧} = ٣٦٠٠ \text{ متر}^٢/\text{يوم}$$

$$= ٤٠٠٠ \text{ متر}^٢/\text{يوم تقريبا}$$

$$\dots \text{المساحة الكلية} = ٧ \times ٤٠٠٠ = ٢٨٠٠٠ \text{ متر}^٢$$

هذه المساحة مقسمة إلى مساحات مساحة كل منها ٤٠٠٠ متر^٢ كل منها تغطى بالحماة يوم كل أسبوع تضاف إليها مساحة ثامنة احتياطية تعمل عند توقف استعمال مساحة أخرى لأغراض الصيانة أو إزالة الحماة المخففة .

كما أن كل مساحة من هذه المساحات الثمانية تقسم إلى مساحات كل منها لا يتجاوز ١٠ × ٥ متر أى خمسين متر مربع - حتى يمكن التحكم في دخول الحماة بانتظام في الحوض بالكامل وبذلك ويقترح عدد ثمانية أحواض كل منها ١٠ × ٥ متر أى مساحتها سكلية ٤٠٠٠ متر^٢ يعمل الثامن منها كاحتياطى للسبعة الآخرين .

٢ - التجفيف بأكبس الحماة في قوالب (Sudge Pressing in cakes)

ويتم التجفيف بهذه الطريقة بترشيح المياه من الحماة يضغطها بين طبقتين من القماش المسامى ، تنفذ منه المياه وتبقى الرواسب على شكل قوالب فيما بين طبقتى القماش .

على أنه يجب رفع المياه المتسربة من القماش إلى أحولض الترسيب الابتدائية لتعالج مع المخلفات الناتجة وذلك نظراً لشدتها .

والمرشح المستعمل يحتوى على مجموعة من الأقراص المربعة المعدنية المجهزة على أن يوضع القماش فيما بينها . وبأحد أركان كل قرص ثقب دائرى متصل بالفراغ - داخل القرص بفتحة صغيرة - فإذا ما ضمت هذه

الأقراص على بعضها - تكون من مجموعة الثقوب ماسورة تضغط فيها الحمأة لتدخل منها خلال الفتحات إلى التجويف داخل الأقراص - وتمت الضغط تفنذ الماء خلال القماش فتخرج من فتحة أخرى في القرص إلى ماسورة المخرج التي تتكون من مجموعة من الثقوب في ركن آخر من أركان الأقراص المضمومة على بعضها :

ويلزم لزيادة نجاح تشغيل هذه الطريقة أن يسبقها معالجة الحمأة بأن يضاف إليها ٣ إلى ٥ ٪ من وزنها جير ، كما يلزم أن يصل الضغط إلى حوالى ٦٠ رطل على البوصة المربعة (٧.٥ كيلوجرام/السنتيمتر المربع) .

٣ - التنجيف بخلخلة الهواء (Vacuum Filtration) :

والمرشح المستعمل عبارة عن أسطوانة معدنية مثقبة الجدار ومغلقة بطبقة من اللباد ومقسمة قطرياً إلى قطاعات مستقلة عن بعضها - وتلف الأسطوانة حول محورها الأفقى بحيث يكون جزؤها الأسفل مغمر في حوض الحمأة .

وبواسطة خلخلة الهواء من داخل القطاعات في الجزء الأسفل من الأسطوانة تلتصق المواد الصلبة في الحمأة بجدار اللباد بينما تتحرك السوائل هذا الجدار - وتبقى المواد الصلبة ملتصقة بجدار الأسطوانة أثناء دورانها .

وتستمر خلخلة الهواء من داخل القطاعات المختلفة للأسطوانة حتى إذا قارب كل قطاع نهاية دورة كاملة أى قبل أن يعود إلى الانغماس داخل الحمأة المرحودة في الخرض - يوقف خلخلة الهواء منه ويدفع فيه هواء تحت ضغط بسيط ليمتلئ الزئبق الرواسب بالسطح اللبادى للاطوارة - ومن ثم يسهل إزالة طبقة الرواسب من على سطح الأسطوانة بواسطة حافة حادة مثبتة بطول الأسطوانة .

وتحتوى الرواسب عند إزالتها من سطح الأسطوانة اللابدى على حوالى ٧٥ ٪ من وزنها ماء - كما يلزم لنجاح هذه الطريقة معالجة الحمأة بأحد المروبات و أكثر المروبات استعمالا لهذا الغرض هو كلوريد الحديد (ferric chloride) بنسبة ٦ - ٨ ٪ من وزن الرواسب الحافة الموجودة فى الحمأة .

٤ - التجفيف بالآلة الطاردة المركزية

(Centrifugal sludge drying machine)

ويتم ذلك بوضع الحمأة فى أسطوانات ذات جدران مسامية وتدور هذه الأسطوانة بسرعة ٧٥٠ لفة فى الدقيقة - مما ينتج عنه اندفاع الحمأة إلى الجدران بفعل القوة الطاردة المركزية - فينفذ جزء من السائل خلال مسام الجدار بينما يبقى الرواسب مع بعض السائل داخل الأسطوانة حيث يزال وهذه الطريقة لا تستعمل بكثرة والرواسب المزالة من داخل الأسطوانة تحتوى على حوالى ٧٥ ٪ من وزنها ماء .

طرق التخلص من الحمأة بعد تجفيفها

١ - استعمال الحمأة المخففة كسماد (Eisposal as manure) :

بعد إزالة الرواسب المخففة من أحواض التجفيف الرملية تخزن على شكل أكوام مربعة - مستوية السطح بارتفاع حوالى متر - ثم تغطى بطبقة من الرمل بسمك حوالى ثلاثة سنتيمترات لمنع احتمال تولد الذباب على سطحها . على أن تترك هذه الأكوام لمدة تتراوح من ٢٠ إلى ٤٠ يوم تتعرض أثناءها للتخمير الجزئى الذى يرفع درجة حرارتها إلى حوالى سبعين درجة مئوية - وذلك بفعل البكتيريا والرطوبة الباقية فى الرواسب - وتساعد هذه الحرارة على قتل ديدان الذباب قبل اكتمال نموها كما تساعد على الحد من بوهمات الديدان الطفيلية .

وبعد هذه المدة يباع للزراع كسماد يحتوى على :

| | |
|------------------|---------------------------------|
| مواد عضوية بنسبة | ٥٥ - ٧٥ % |
| مواد غير عضوية | ٢٥ - ٤٥ % |
| زيوت ودهون | ٥ - ٢٥ % |
| بروتين | ٥ - ٢٠ % |
| أمونيا (أزوتات) | ١ - ٣ % |
| فوسفور | $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{4}$ % |

أما الخسائر ، فتمر بالطرق الميكانيكية أى بالترشيح التفريغى (Vacuum Filtration) أو بالترشيح بالضغط (Pressing Into cakes) أو بالآلات ذات التمرير الطاردة المركزية (Centrifuges) والتي سبق شرحها - فأنتها لا زالت تحتوى مياه بنسبة حوالى ٧٥ % من وزنها - ولذلك يجب استكمال تجفيفها قبل التصريف فيها كسماد - ويتم استكمال التجفيف بدرجات الرواسب من ٢٠٠٠ - ١٥٠٠٠ درجة مئوية - ويمكن خفض نسبة الماء إلى حوالى ٢٠ % من الوزن الكلى وهو ما يعتبر نسبة جيدة - على أن يتم طحن هذه الرواسب ومن ثم بيعه أى أكياس أو وزناغ كسماد .

٢ - الحريق (Incineration) :

هذا أن تجمع الرواسب الخفيفة بأحد الطرق السابقة وتستخدمها مباشرة فى المناطق الزراعية الحاورفة - فإنه يلاحظ أن حريقها فى أدرى خاصة من الحرايرة الناتجة من الحريق لتسخين المياه فى الغلايات أو لتدفئة أو تسخين الخسائر فى - مع - وذلك أكثر من نوع للأمران الخاصة بهذه العملية

طرق معالجة الحمأة

Sludge Treatment or Conditioning

يفضل في كثير من الأحوال أن يتم معالجة الحمأة قبل تجفيفها والتخلص منها - ويتم ذلك بأحد الطرق الآتية :

١ - معالجة الحمأة بالتخمير

Sludge Digestion

يتم تخمير الحمأة بتخزينها في أحواض خاصة مغطاة أى لا اتصال لها بالهواء الجوى فتتسبب البكتيريا اللاهوائية وتحلل المواد العضوية فيحول جزء كبير منها إلى غاز يحتوى على المركبات الآتية :

١ - ٦٠ - ٧٠٪ غاز الميثين (CH_4) Methane gas

٢ - ٢٥ - ٣٠٪ ثاني أوكسيد الكربون (CO_2) Carbon dioxide

٣ - ١٠ - ٣٪ نيتروجين (N_2) Nitrogen

فوائد تخمير الحمأة

١ - تركيز المواد الصلبة في الحمأة . إذ أن نسبة المواد الصلبة في الحمأة قبل التخمير حوالى ٥٪ والمياه ٩٥٪ بينما تبلغ نسبة المواد الصلبة في الحمأة المخمرة ١٠٪ والمياه ٩٠٪ وهذا التركيز يؤدي إلى خفض في حجم الحمأة حوالى ٥٠٪ من حجمها الأصلي .

٢ - خفض آخر في حجم الحمأة نتيجة تحلل بعض المواد العضوية ونحوها إلى غازات كما سبق ذكره .

وبذلك يصل الخفض الكلى في حجم إلى حوالى ثلاثاى حدها الأصلي .
أى يصير حجمها ثلث حجمها الأصلي .

- ٣ - الحمأة الكاملة التخمر لا يتصاعد منها رائحة كريهة .
- ٤ - الاستفادة من الغازات المتصاعدة نظراً لإمكان استعمالها كوقود :
- ٥ - الحمأة بعد التخمر أسهل في التجفيف عنها قبل التخمر .
- ٦ - زيادة في مزايا الحمأة بالنسبة لقيمتها كسماد ينتفع به في الزراعة.
- ٧ - التخمر يؤدي إلى نقص كثير في عدد البكتيريا الضارة .

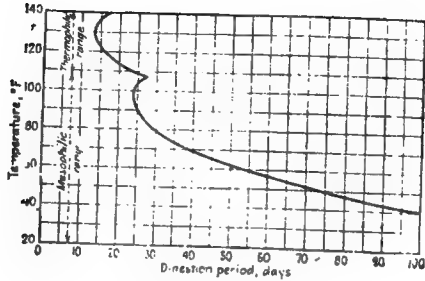
الا ان لتخمر الحمأة الميوب الالية :

- ١ - ارتفاع تكاليف انشاء أحواض التخمر .
- ٢ - احتياجها إلى عناية خاصة أثناء التشغيل للعمل على أن تسود الحوض الطروف والعوامل التي تساعد على حسن التشغيل ..

والعوامل التي تساعد على حسن تشغيل أحواض التخمر :

١ - درجة الحرارة :

إذ أن تخمر الحمأة في أحواض لا يتم التحكم في درجة الحرارة فيها يحتاج إلى فترة طويلة لتتخمير قد تصل إلى ستة أشهر - بينما تقل هذه الفترة إلى شهر ونصف (٣٠ - ٦٠ يوم) إذا أمكن التحكم في درجة الحرارة للحمأة في الحوض ليتم حفظها عند درجة ٣٠° - ٣٧° مئوية وهذا ما يسمى بالتخمير الميزوفيلي Mesophilic أما إذا صار التحكم في درجة حرارة الحمأة عند درجة ٤٥° - ٥٠° مئوية فتقل الفترة اللازمة للتخمير إلى حوالى عشرة أيام وهذا ما يسمى بالتخمير الترموفيلي (Thermophilic digestion) . إلا أن هذه الطريقة لم ينتشر استعمالها بـ نظراً لشدة حساسيتها أى احتياجاتها إلى رقابة شديدة أثناء التشغيل (شكل ٢٣-٣) .



(شكل رقم ٢٣ - ٣)

٢ - الزمن :

وهو كما ذكر قبل هذا يتوقف على درجة حرارة الحمأة في الخوض .
فهو ستة أشهر في الأحواض التي لا رقابة عليها بالنسبة لدرجة الحرارة
وينخفض إلى ٣٠ - ٦٠ يوم في التخمر الميزوفيلي ويعود وينخفض إلى
عشرة أيام في التخمر التروموفيلي .

٣ - معدل حقن الخوض بالحمأة وجوده مزج الحمأة الداخلية مع

الحمأة الموجودة بالخوض :

إن انتظام معدل إدخال الحمأة في الخوض وكذلك جودة المزيج مهمان
لجودة توزيع المواد العضوية في جسم الخوض إذ أن هذه المواد العضوية
هي المواد المغذية التي تنشط عليها البكتيريا الهوائية - كما أن لجودة المزج
أهمية لانتظام درجة الحرارة - وبالإضافة إلى ذلك فإن المزج يساعد على
تكسير الخبث الطافي على سطح الخوض والذي يتعارض مع صعود الغازات
إلى مكان تجمعها : كما يساعد على رسوب هذا الخبث إلى قاع الخوض .

٤ - درجة تركيز التآين الايدروجينى (pH) :

فقد أثبتت التجارب والخبرة ضرورة حفظ درجة التآين الايدروجينى ما بين ٧ . ٨ للحصول على تخمر كامل ، بينما تنبط درجة التخمر إذا قل التآين الايدروجينى إلى ٦ ويتوقف جملة إذا وصل التآين الايدروجينى إلى ٤.٥ ويمكن التحكم فى تركيز التآين الايدروجينى بإضافة الجبر لرفعه إلى الدرجة المطلوبة .

٥ - نوع الحمأة المراد تخميرها (Quality of sludge) :

فقد أثبتت التجارب العملية والخبرة فى محطات المعالجة اختلاف فى الزمن لتخمير الحمأة الناتجة من أحواض الترسيب الابتدائية فقط عن الزمن اللازم لتخمير حمأة الناتجة من عمليات المعالجة بالمرشحات الزلط بنوعها العادية والبريئة . وكذلك عن الزمن اللازم لتخمير حمأة من عمليات الحمأة المنسطة .

ويمكن قياس درجة التخمير الذى حدث فى حوض بالمعادلة الآتية :

$$P = \left[1 - \frac{(100 - R)D}{(100 - D)R} \right] 100$$

حيث P = النسبة المتوية لخفض المواد العضوية .

R = نسبة المواد العضوية فى الحمأة قبل التخمير .

D = نسبة المواد العضوية فى الحمأة المخمرة .

كما يعتبر عوى التخمير فى حالة جيدة بالنسبة لتشغيله اذا توافرت فيه الشروط الآتية :

١ - إحتواء الغاز الناتج من التخمير على نسبة من الميثين تتراوح من ٧٥٪ - ٧٥٪ .

٢ - مجموع نسبة الميثين وثاني أكسيد الكربون في الغاز الناتج من التخمر حوالى ٩٥ ٪ .

٣ - نسبة المواد الصلبة في الحمأة المخمرة حوالى ١٠ ٪

٤ - نسبة المواد العضوية في الحمأة المخمرة حوالى ٥٠ ٪ من مجموع المواد الصلبة فيها .

٥ - درجة تركيز التآمين الايدروجينى تراوح من ٧-٨ .

٦ - درجة القلوية (alkalinity) أكبر من ٣٥٠٠ جزء في المليون .

٧ - علم احتواء الحمأة المخمرة على نسبة ملحوظة من الزيوت والمواد الدهنية .

٨ - الحمأة المخمرة سوداء اللون . يسهل تجفيفها . لا رائحة كريهة لها .

اسس تصميم أحواض التخمر

يمكن تقدير حجم الحمأة المجمعة في الخوض أثناء عملية التخمر باءادلة الآتية :

$$C = \left(\frac{V_1 - V_2}{2} \right) T$$

حيث C = حجم الحمأة المجمعة في الخوض .

V_1 = حجم الحمأة التى تدخل يومياً إلى الخوض .

V_2 = حجم الحمأة التى تخرج يومياً أى الحجم الذى تصير إليه

الحمأة حجمها أصلاً V_1 بعد أن يتم تخميرها

T = زمن التخمر بالأيام .

مثال : المطلوب تصميم أحواض التخمر اللازمة لمدينة تعدادها ربيع مليون نسمة إذا علم الآتي :

| | |
|-----------------------------------|----------------|
| المواد العالقة / شخص / يوم | = ٩٠ جرام |
| درجة حرارة حوض التخمر | = ٥٧٠ فهرنهايت |
| الكفاءة الكلية لعملية التنقية | = ٩٠ ٪ |
| نسبة الرواسب في الحمأة قبل التخمر | = ٤ ٪ |
| نسبة الرواسب في الحمأة بعد التخمر | = ٩ ٪ |

الحصل :

$$\frac{250000 \times 90}{1000} = \text{كمية المواد العالقة / اليوم}$$

$$= 22500 \text{ كيلوجرام}$$

يرسب منها ٩٠ ٪ في حوضي الترسب أى ٢٠٢٥٠ كيلوجرام .

$$\therefore \text{الوزن الكلى للحمأة} = 100 \times \frac{22500}{4}$$

$$= 56250 \text{ كيلوجرام / يوم}$$

$$\therefore \text{حجم الحمأة المجمعة} = 56250 \text{ متر}^3 / \text{يوم}$$

وبفرض أن ٦٠ ٪ من هذه المواد المرسبة مواد عضوية .

$$\therefore \text{كمية المواد العضوية} = 0,6 \times 20250$$

$$= 12150 \text{ كيلوجرام / يوم}$$

$$\therefore \text{المواد الغير عضوية} = 8100 \text{ كيلوجرام / يوم}$$

وبفرض أن ٤٠ ٪ من المواد العضوية سيتم تخميرها وتحويلها إلى غازات ووسائل في نهاية فترة التخمر

$$\therefore \text{ كمية المواد العضوية المتبقية } = ١٢١٥٠ \times ٠.٦ =$$

$$= ٧٣٠٠ \text{ كيلوجرام/يوم}$$

$$\therefore \text{ مجموع الرواسب المتبقية } = ٧٣٠٠ + ٨١٠٠ =$$

$$= ١٥٤٠٠ \text{ كيلوجرام}$$

$$\therefore \text{ الوزن الكلى للحمأة بعد تخميرها } = ١٠٠ \times \frac{١٥٤٠٠}{٩} =$$

$$= ١٧٠٠٠٠ \text{ كيلوجرام}$$

$$\therefore V_2 = \text{حجم الحمأة بعد التخمير} = ١٧٠,٠٠ \text{ متر}^٣/\text{يوم}$$

وبالاجوع إلى شكل ٢٣ - ٣ نجد أنه لدرجة حرارة ٧٠° فهرنهايت

$$\text{يلزم زمن قدره } ٤٠ \text{ يوماً } T =$$

$$\therefore \text{ حجم حوض التخمير } = T \left(\frac{V_1 + V_2}{2} \right)$$

$$= ٤٠ \times \frac{٥٠٦,٢٥ + ١٧٠,٠}{٢} =$$

$$= ١٣٥٢٠ \text{ متر مكعب}$$

يضاف إلى ذلك حجم مناسب للسائل المتجمع فوق الحمأة (Supernatant) والغازات فيصل الحجم الكلى إلى ١٨٠٠٠ متر^٣

ونظراً لصعوبة تحديد قيمة V_2 - T نظرياً فإنه يعتمد على الخبرة

العملية في تقدير حجم أحواض التخمير ويوضح الجدول رقم (٢٣ - ١)

السعة اللازمة لأحواض التخمير في الحالات المختلفة :

جدول رقم (٢٣-١)
سعة أحواض تخمير الحمأة

| السعة بالقدم المكعب لكل شخص | | |
|--|--------|-----------------------|
| نوع الحمأة | | بتسخين إلى درجة |
| | | بدون تسخين ٣٠-٣٧ درجة |
| حمأة ناتجة من ترسيب ابتدائي | ٤ - ٦ | ٢ - ٣ |
| حمأة ناتجة من معالجة بالمرشحات | ٦ - ٨ | ٣ - ٤ |
| حمأة ناتجة من معالجة بالمرشحات السريعة | ٨ - ١٠ | ٤ - ٥ |
| حمأة ناتجة من معالجة بالحمأة المنشطة | ٧ - ١٢ | ٤ - ٦ |

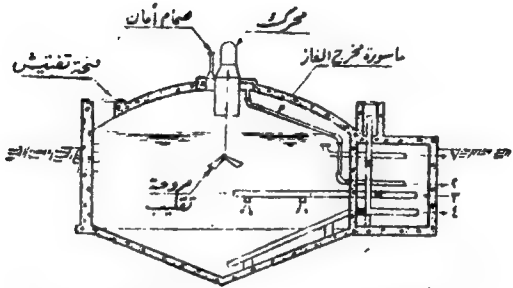
أما الشكل العام لحوض التخمير فهو بيضاوي أو اسطوانى ذو قاع مخروطى الشكل لسحب الحمأة بعد التخمير من رأس المخروط - كما يزود الحوض بمخرج للسائل المتجمع فوق الحمأة المخمرة (supernatant liquor) على أن يعاد هذا السائل إلى أحواض الترسيب الابتدائى ليعاد معالجته مع المخلفات السائلة الواردة إلى محطة المعالجة نظراً لشدة تعفنه وارتفاع قيمة الأوكسوجين الحيوى له .

وهناك نوعان الاحواض التخمير بالنسبة للنظام السطحي للعوض :

- ١ - أحواض ذات غطاء ثابت (Fixed Cover) (شكل ٢٣ - ٤ .

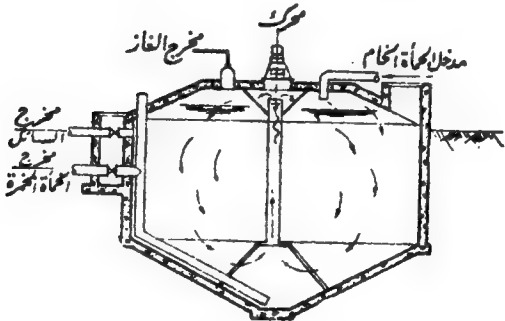
(٢٣ - ٥) :

وهى تتميز بانخفاض التكاليف الإنشائية للحوض وبالنتائج الحسنة فى التشغيل . ويجب أن تزود هذه الأحواض بفتحات محكمة فى السقف يمكن فتحها عند الحاجة إلا أنه يجب أخذ احتياطات لمنع الانفجار أو حدوث حرائق عند فتح هذه الفتحات .



- ١ - مخرج السوائل
٢ - مدخل الحماة البخام
٣ - مخرج الغازات
٤ - مخرج الحماة البخام

(شكل رقم ٢٣ - ٤)



(شكل رقم ٢٣ - ٥)

كما أنه من أهم عيوب هذا النوع من الأحواض احتمال حدوث ضغط أقل من من الضغط الجوى داخل الحوض عند سحب كمية من الحمأة المخمرة من قاع الحوض الأمر الذى يوجب سرعة إضافة جرعة من الحمأة الغير مخمرة إلى الحوض - وللا تسرب الهواء إلى داخل الحوض - ويمكن التغلب على هذا العيب بادخال كميات من الغاز الناتج من التخمر إلى الحوض عند عدم توافر كميات من الحمأة تقصاف إلى الحوض بدلا من الحمأة التى سمحت منه

١ - أحواض ذات غطاء عائِم :

(Floating Cover tanks) (شكل ٢٣ - ٦) :

وهذا النوع من الأحواض له المزايا الآتية :

١ - عدم وجود متاعب من تجمع الحَبث إذ أن الغطاء العائم يضغط على الحَبث ليغمره السائل الناتج من التخمر .

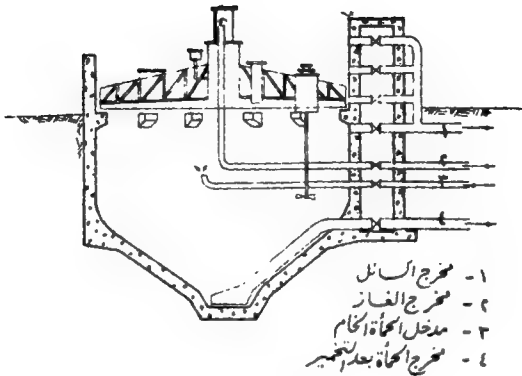
٢ - نظراً لتحرك الغطاء إلى أعلى أو إلى أسفل فإن الأمر لا يحتاج إلى إضافة أو سحب كمية من الغازات أو السائل المتجمع فوق الحمأة المخمرة عند سحب أو إضافة كمية من الحمأة من قاع الحوض كما هو الحال فى الأحواض ذات الغطاء الثابت .

٣ - ندرة احتمال حدوث انفجارات نتيجة اختلاط الأكسوجين الجوى بالغاز داخل الحوض .

٤ - لا يحتاج الأمر إلى ضرورة انشاء خزان للغازات ملحق بالحوض نظراً لإمكان تجمع الغاز تحت الغطاء المتحرك وسحبه للاستعمال مباشرة .

طرق تسخين الحوض :

والطرق المتبعة لتسخين حوض التخمر حتى درجة ٣٠ - ٣٧ درجة مئوية هى :



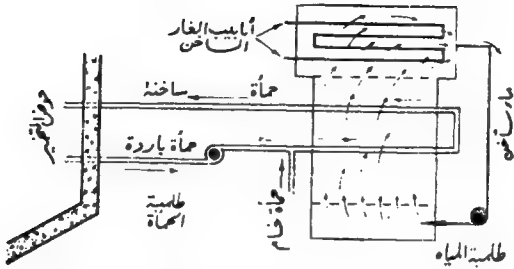
(شكل رقم ٢٣ - ٦)

١ - تزويد الحوض بشبكة من المواسير المعلقة على جوانب وداخل الحوض ، على أن يمر في هذا المواسير مياه ساخنة درجة حرارتها لا تزيد عن ٥٠ درجة مئوية ، خوفاً من جفاف الحمأة حول هذه المواسير مكونة طبقة عازلة تمنع وصول الحرارة إلى بقية الحمأة .

٢ - سحب الحمأة من الحوض وتسخينها عن طريق وحدات تبادل الحرارة مع المياه الساخنة (Heat Exchange units) (شكل ٢٣ - ٧) .

٣ - حقن بخار الماء داخل الحوض .

٤ - حقن مياه ساخنة في ماسورة طرد الطلسمات التي تدفع الحمأة إلى أحواض التخمير لتختلط مع الحمأة قبل دخولها إلى الحوض .



(شكل رقم ٢٣ - ٧)

طرق التقليب للحمامة في أحواض التخهير :

لما كانت درجة الحرارة وكتلك درجة تركيز التامين الأيدروجيني ودرجة قلوية الحمامة في أحواض التخهير عوامل هامة في جودة حماية التخهير فإنه يلزم تقليب الحمامة في الخوض للتأكد من عدم اختلاف هذه العوامل من مكان لآخر في الخوض - ويتم هذا التقليب بأحد الطارق الآتية :

١ - تركيب ماسورة رأسية في محور الخوض تنزل إلى ما يقرب من ثلثي أو ثلث أرباع عمق الخوض وبداخل هذه الماسورة يوجد قلاب حروفي متصل بمحرك كهربائي يوجد فوق غطاء الخوض سواء كان هذا الغطاء ثابتاً أو متحركاً .

ويدار المحرك الكهربائي بيدير القلاب الحلزوني فترفع الحمامة في الماسورة الرأسية إلى قمته حيث تخرج لتعود إلى الخوض (شكل ٢٣ - ٥) وتستمر هذه العملية مدة ساعة أو ساعتين يومياً يتم فيها تقليب الحمامة في الخوض .

٢ - تقارب بطرق ميكانيكية عن طريق محرك كهربائي يوجد فوق غطاء الحوض . هذا المحرك يدير عامود داخل الحوض مركب عليه مروحة تقوم بتقليب الحمأة أثناء دورانها (شكل ٢٣ - ٤ ، ٢٣ - ٦) .

الغازات الناتجة من تخمير الحمأة :

يتصاعد الغاز من الحمأة أثناء التخمير إلى حيز ضيق في أعلى الحوض و منه يصل إلى قبة الغاز (gas dome) الذي يجب أن تكون قمتها مرتفعة عن أعلى منسوب للحمأة أو للسائل الناتج من التخمير بما لا يقل عن متر وربع - وبالقرب من قمة هذه القبة تخرج ماسورة سحب الغازات إلى خزان الغاز حيث يحفظ تمهيداً لاستعماله .

ويتوقف حجم خزان الغاز على مدى الاستفادة منه - فإذا كان جميع الغاز المتصاعد من حوض التخمير يستعمل لأغراض التسخين أو التدفئة أو أغراض صناعية . أخرى . فإنه من المفضل أن يكون حجم الحوض كافياً لحفظ الغاز المتصاعد لمدة يوم كامل وإلا أمكن خفض هذا الخزان إلى ٥٠٪ من حجم الغازات المتصاعدة - وهناك أكثر من نوع لهذه الخزانات منها ما يحفظ فيه الغاز تحت ضغط على أن يحفظ فيه الغاز بقوة كباسات لغاز (gas compressor) .

ويتراوح معدل الغاز الذي يتصاعد من عملية التخمير من ٠.٧٥ إلى ١.٢٥ قدم مكعب للشخص في اليوم - ويتوقف هذا على العوامل التي سبق ذكرها والتي تؤثر على جودة عملية التخمير - والقيمة الحرارية لهذه الغازات تتراوح من ٦٠٠ إلى ٨٠٠٠ وحدة حرارية إنجليزية لكل قدم مكعب .

التخمير على خطوات (Stage Digestion) :

والمقصود بهذا هو تخمير الحمأة في حوضين على التوالي - على أن تبقى الحمأة في الحوض الأول من ستة إلى ثمانية أيام وفي الحوض الثاني من ٢٢

إلى ٢٤ يوم - وفي هذه الحالة تتصاعد معظم غازات التخمر من الحوض الأول ولذلك فإنه يمكن قصر عملية التسخين على الحوض الأول بينما يترك الحوض الآخر دون تسخين، كما يمكن أن يكفى بتغطية الحوض الأول دون الثانى - وفى كلتا الحالتين إقتصاد فى التكاليف .

وقد عملت تجارب بقصد تعريف الحمأة فى الحوض الأول لدرجة حرارة عالية من ٤٥ - ٥٠ درجة مئوية (Thermophilic digestion) دون تسخين للحوض الثانى وقد أدت هذه التجارب إلى نجاح فى النتائج .

استعمالات الجير والكربون المنشط للمساعدة فى تخمير الحمأة :

يضاف الجير (Lime) أحياناً إلى الحمأة أثناء عملية التخمير بفرض رفع درجة تركيز التآين الايدروجين (ph) ولنع فوران الحوض (foaming) وتغيير جرعة الجير اللازم اضافته من حالة إلى أخرى ولكنها عادة تتراوح من ٢ إلى ٤ كيلوجرام لكل ١٠٠٠ شخص يومياً - على أن تضاف هذه الكمية على جرعات صغيرة على طول اليوم وبحيث يتم مزجها فى الحوض بسرعة .

ويستعمل الكربون المنشط (Activated Carbon) فى أحواض تخمير الحمأة للأغراض الآتية :

- ١ - رفع درجة تركيز التآين الايدروجينى :
 - ٢ - منع الفوارق فى الحوض .
 - ٣ - زيادة فى كمية الميثين الناتج أثناء التخمير .
 - ٤ - منع تولد الروائح فى الحمأة أثناء التخمير .
 - ٥ - زيادة سرعة تجفيف الحمأة .
- وتقدر الجرعة اللازمة من الكربون المنشط بما يتراوح من ٢ ٪ إلى ١٠ ٪ من وزن المواد المضموية فى الحمأة المضافة إلى الحوض .

٢ - معالجة الحمأة بالتركيز

Sludge Concentration

والمقصود بذلك هو تركيز الحمأة الناتجة من أحواض الترسيب الابتدائية والنائية في أحواض خاصة تسمى أحواض التركيز (Sludge thickening tanks) حيث تترك الحمأة لساعات .

وحوض التركيز يشبه في الشكل العام حوض الترسيب العادى - فهو دائرى المسقط الأفقى له قاع مخروطى الشكل - تدخل الحمأة إلى مركز الحوض بمعدل يتراوح من ٥٠٠ إلى ١٠٠٠ جالون لكل قدم مربع من سطح الحوض يومياً - ويحتوى الحوض على أذرع تدور ببطء شديد - وتخرج الحمأة المركزة من رأس القاع المخروطى بينما يخرج السائل الذى يطفو على سطح الحمأة المركزة عن طريق هدار بطول محيط الحوض .

والحمأة المركزة الخارجة من هذا الحوض تحتوى على حوالى ١٠ ٪ مواد صلبة وحوالى ٧٥ ٪ من هذه المواد الصلبة - مواد عضوية وينتج عن عملية تركيز الحمأة خلطص الحجم الكلى للحمأة إلى ٦٠ ٪ من حجمها الأسمى :

والسائل الذى يخرج من حوض التركيز يحتوى على مواد صلبة حوالى ١٠٠ جزء فى المليون بينما يكون الأكسوجين الحيوى لهذا السائل حوالى ١٥٠ جزء فى المليون - ويعاد هذا السائل إلى أحواض الترسيب الابتدائية ليمر خلال عملية المعالجة مختلطة بالخالطات السائلة لتخرج منها بعد معالجتها .

٣ - معالجة الحمأة بالكيماويات

Chemical Treatment of Sludge

يضاف إلى الحمأة كثير من المواد الكيماوية بغية تحسين حالتها بالفسيه
التي لا يمكنها أن تترشح خاضعة في آلات التجفيف بطريقة خلخلة الهواء ومن أمثلة
هذه المواد الكيماوية: حامض الكبريتيك (Sulfuric acid) والشبة (alum):
مسحوق العظام (bone ash) - عجينة الورق (paper pulp) الطين
(clay) - إلا أن أكثر هذه المواد استعمالاً حالياً هو كلوريد الحديديك
(Ferric Chloride) مع استعمال الجير (Lime).

وتتراوح كمية الجير المضافة من صفر إلى ١٠ ٪ من وزن المواد الصلبة
في الحمأة - بينما تتراوح كمية كلوريد الحديديك المضافة من ٣ إلى ١٠ ٪
والحديد الجرعنة المناسبة من كل من الجير وكلوريد الحديديك يجب عمل
إختبارات معملية وحقلية في الموقع .

وتتم إضافة الجير وكلوريد الحديديك إلى الحمأة في أحواض خاصة
لمدة عشرين دقيقة تنقل بعدها الحمأة إلى المرشحات لتجفيفها .

٤ - غسيل الحمأة

Sludge Elutration

وتتلخص هذه العملية في إضافة ماء نظيف نسبياً إلى الحمأة بما يعادل
ضعفها أو أكثر ثم يترك الماء لترسب في المواد العالقة قاع الخوض بينما
يخرج الماء من أعلى الخوض .

وتتم عملية غسيل الماء بمرزج الماء مع الحمأة لمدة عشرة دقائق في
الخوض إما بطرق ميكانيكية أو بالهواء المضغوط ثم يترك الخليط في الخوض

لترسب المواد العالقة إلى القاع . وتتراوح نسبة الحمأة إلى المياه المضافة من ١ : ١.٥ إلى ١ : ٤.٥ .

ومن فوائد عملية غسل الحمأة ما يأتي :

- ١ - عدم الاحتياج إلى استعمال الجير مع كلوريد الحديدك .
- ٢ - خفض حوالى ٦٠ - ٧٠ ٪ في كمية كلوريد الحديدك المستعملة .
- ٣ - زيادة في قابلية الحمأة للترشيح .
- ٤ - خفض نسبة الرماد (ashes) في الحمأة المخففة .

الباب الرابع والعشرون

التخلص من المخلفات السائلة في القرى والمباني المنعزلة

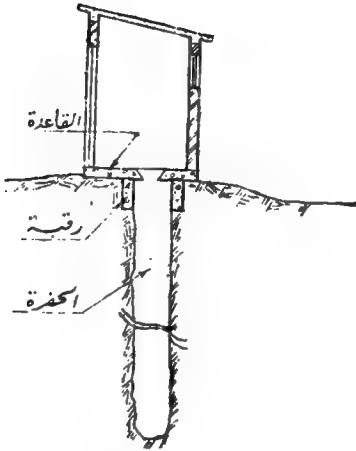
Rural Sewage Disposal

رأينا عند الحديث عن مخلفات السائلة في المدن أنها تجمع من المنازل في شبكة مواسير الصرف الصحي العمومية تحت سطح الأرض تؤدي بها إلى نقطة واحدة (أو أكثر) حيث يتم التخلص منها أو علاجها بالمحليات المناسبة - أما في القرى والمباني المنعزلة فإنه من الصعب جمع الشبكات السائلة بنفس الطريقة لأسباب هندسية واقتصادية فبعد المسافات بين المباني وقلة كمية التصريف بالنسبة للمساحة يتعذر معه إنشاء مواسير تسير فيها مخلفات السائلة بالانحدار الطبيعي بسرعة مناسبة تمنع ترسب المواد العالقة بها يضاف إلى ذلك التكليف الباهظة - مع قلة المتفعين - لتوصيل هذه المخلفات إلى عملية معالجة أو نقطة تخلص قد تكون بعيدة - ولذلك فإنه يتم التخلص من المخلفات في هذه الأحوال بترويد كل منزل أو عدة منازل بطريقة مباشرة للتخلص من مخلفات السائلة دون جمعها في شبكة عمومية .

ويمكن تقسيم طرق التخلص من هذه إلى قسمين :

أولا - عند عدم وجود مياه جارية بالمنزل

وفي هذه الحالة تكون المخلفات عبارة عن المواد البرازية والفضلات الصلبة التي لا يمكن نقلها بالمواسير إلى أي مسافة من المراحيض لعدم احتوائها على الكمية الكافية من الماء التي يمكن معها هذا النقل - وهذه الحالة موجودة في القرى النائية التي لم توصّل بعد بشبكات المياه الصالحة للشرب (التي توزع المياه فيها عن طريق حنفيات عامة خارج المنزل) والطريقة المتبعة في هذه الحالة هي إنشاء مراحيض أو أكثر في كل منزل . وهناك نوعان من هذه المراحيض معروفان بمراحيض الحفرة ومراحيض الخزان .



(شكل رقم ٢٤ - ١)

١ - مراحل الحفرة (شكل ٢٤ - ١)

ويكون من الحفرة - والرقبة - والقاعدة (البلاطة) ومبنى المراض وطريقة انشائه كالآتي :

أ - تنقب الحفرة في الأرض بحفارة خاصة ذات بريمة مركبة على نصبة من ثلاثة أرجل ... وهناك حفارات مختلفة الأقطار إلا أنه يفضل قطر ١٦ بوصة لأن القطر إذا زاد عن ذلك أصبحت إدارة الحفارة صعبة وإذا نقص قلّت سعة الخمرة ويتراوح عمق المراض من ٥ إلى ٧ أمتار - ونظراً لأن التربة المصرية غرينية سوداء أو صفراء مماسكة فإن جوانب الحفرة

لا تنهار ولا تحتاج إلى عمل بطانة لسندها .

ب - ورقبة المراض تتكون من اسطوانة مفتوحة الطرفين بارتفاع لا يقل عن ٣٥ سم وقطر يزيد قليلا عن قطر حفرة المراض وتكون عادة من الخرسانة وتوضع الرقة في أعلى الحفرة عند سطح الأرض وأسفل البلاطة المراض لمنع انهيار الأتربة في أعلى المراض - وفي حالة ارتفاع المياه الجوفية لا تدفن الرقة كلها وإنما يدفن جزء صغير منها ويردم حول الجزء البارز فوق الأرض وبذلك تعلو القاعدة عند مستوى المياه الجوفية .

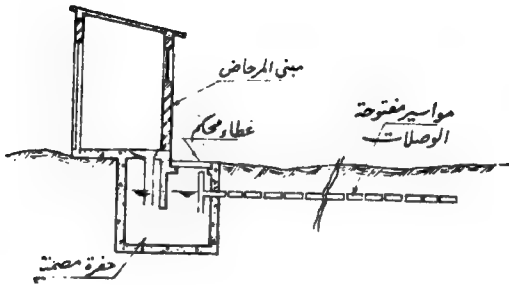
ج - وقاعدة المراض يجب أن تصنع من مادة صلبة بمقاسات ١.٦٠ - ٠.٨ متر صماء لا تنفذ منها السوائل ويحسن أن تكون من الخرسانة المسلحة وتكون بها فتحة متوسطة السعة وعلى جانبيها دوستان مرتفعتا ارتفاعا مناسباً . كما يجب أن يكون سطح البلاطة منحدرًا نحو الفتحة لضمان صرف السوائل إلى الفتحة - ويحسن تزويد البلاطة بغطاء متحرك للفتحة يمنع وصول الذباب إلى داخل الحفرة .

د - مبنى المراض : يجب أن يقام للمراض مبنى خاص مسمى بالباطة والنظافة والراحة حسن التهوية والإضاءة .

ويقدر عمر المراض بأربعة أعوام في المتوسط متوافقاً على التربة وكمية الاستعمال والعناية . وتختلف الآراء على الإجراء الواجب اتخاذه بعد امتلاء الحفرة - فرأى ينصح بردمها وحفر مراض آخر ورأى آخر ينصح بكمسحها واستعمال محتوياتها كسماد وإعادة استعمال المراض .

٢ - مراض الخزان : (شكل ٢٤ - ٢) : Aqua privy

وهو عبارة عن حفرة مضلعة الشكل تختلف حجمها تبعاً لعدد الأشخاص الذين يستعملون المراض ولا يقل هذا الحجم عادة عن متر مكعب للمنزل



(شكل رقم ٤٢ - ٢)

الذى يسكنه ستة أشخاص - وحوائط الحفرة وقاعها مبطنة بالخرسانة المسلحة أو العادية - وللمرحاض قاعدة ١.٦٠ - ٠.٨٠ متر مشابهة لقاعدة مرحاض الحفرة ومرحاض الخزان يتميز بإمكان انشائه في التربة المفككة أو الرملية وأن كان يزيد في تكاليفه عمل البطانة .

هذا ويجب أن نلاحظ الاشتراطات الصحية في اختيار موقع المراض وأهمها :

١ - أن تتوافر نسبة الأبعاد المقررة عن مصادر مياه الشرب والاستعمال المنزلي وهناك رأى بأنه يجب ألا يقل بعد المراض عن هذه المصادر بأى حال من الأحوال عن ٣٠ متراً .

٢ - وأن يكون في الجهة التى يتجه فيها سير المياه الجوفية من نهر الماء إلى المراض .

ونظرية التخلص من المخلفات بهذه المراحيل تعتمد على تسرب السوائل إلى باطن الأرض عن طريق ماسورة مفتوحة الوصلات تسرب السوائل خلال وصلاتها المفتوحة إلى مسام الأرض أما المواد العفوية فتتحلل في المرحاض متحولة إلى سائل وغازات ولذلك يتحسن عمل ماسورة تهوية من المرحاض ترتفع إلى سطح المنزل . وبذلك لا يبق من المواد الصلبة غير جزء بسيط منها هو الذي يتجمع ببطء على مر السنين .

لانيا - هند وجود مياه جارية في المنازل

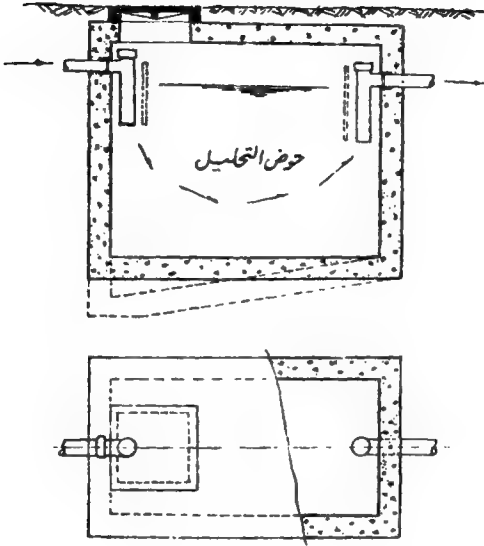
وعندئذ يتم صرف مخلفات المبنى من الأجهزة الصحية بالأدوار المختلفة أعمدة التهريف كما يتبع في المدن - وتصب هذه الأعمدة في خزان أصم تحت الأرض يعرف بخزان التحليل تعجز فيه المخلفات السائلة لمدة معينة تخرج منه بعدها إلى الآبار الجيدة أو الرى السطحى أو الترشيع أو غيرها من العمليات التي سيأتى الحديث عنها فيما بعد .

خزان التحليل (أو التخمر) (septic tanks) (شكل ٢٤ - ٣) -

٢٤ - ٤ - ٥ : (٥ - ٢٤) :

هي أحواض صماء من الطوب أو الخرسانة الغرض منها ترسيب أكبر كمية من المواد الصلبة الموجودة في المخلفات السائلة وتعريضها لعوامل التحليل (التخمر) ونظراً لكون المياه في أحواض التحليل فان المواد الصلبة العالقة بالماء ترسب إلى القاع حيث لا يوجد أكسوجين أو ضوء فتتموت فيها البكتيريا اللاهوائية وتتكاثر وتأخذ عملية التحليل اللاهوائية أو التخمر في تنفيتها هذه المواد الصلبة وتحويّل الجزء الأكبر منها إلى سائل وغاز .

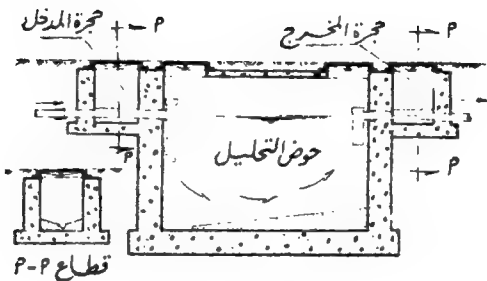
وتغطى أحواض التحليل بسقف من الخرسانة المسلحة إما أن يكون على أجزاء عرض ٣٠ سم وبذلك يمكن رفعها عند الحاجة إلى تنظيف



(شكل رقم ٢٤ - ٣)

الخزان - أو به مل السقف قطعة واحدة على أن يعمل فيها فتحات كفتحات
غرفة التفتيش حتى يمكن فتحها لتنظيف الحوض عند الحاجة .
ويشترط لنجاح أحواض التحايل توافر الشروط الآتية :

(١) أن تكون سرعة مرور المياه فيها بطيئة إلى الحد الذي يسمح بترسيب
الجزء الأكبر من المواد الصلبة التي تحملها وأن تكون سعتها كافية حيث لا يقل



(شكل رقم ٢٤ - ٤)

عن ٢٥٠ لتر اكل شخص من سكان المبنى بشرط ألا تقل سعة الحوض بأى حال عن ٢ متر مكعب .

وتبنى الأحواض مستطيلة الشكل طولها ضعف أو ثلاثة أمثال عرضها ويزاوح عمقها بين ١.٢٠ - ١.٥٠ متر وتكون سعتها بحيث يبقى الماء فيها مدة تراوح بين ١٢ ، ٢٤ ساعة ويجب ألا تزيد عن ذلك حتى لا تتعرض المواد العضوية الموجودة بالمياه لهجمات عوامل التعفن .

(٢) أن يكون دخول المياه إلى الأحواض وخروجها منها بطريقة تضمن عدم اثاره المواد التي تم ترسيبها ويتم ذلك بعمل فتحات دخول الماء وخروجه تحت سطح الماء وبحيث تكون مرتفعة عن مستوى المواد الراسبة بمسافة تكفى لمنع إثارة هذه المواد .

ويتم ذلك باستعمال مشركات أو حواجز خشبية - كما أن لهذه الطريقة فائدة أخرى وهى منع اختصار الماء لمساره short circuits بمروره سطحياً

من المدخل إلى المخرج وكذلك تمنع دخول المواد الدهنية العائمة على سطح الماء إلى الأنابيب الخارجة من الحوض .

(٣) وعند حساب سعة أحواض التحليل يجب ملاحظة ترك حيز كاف لتخزين الرواسب فيها - وعادة يكون هذا العمق حوالى ٣٠ سم كما يفضل أن يميل قاع الحوض نحو المدخل إذ أن الجزء الأكبر من المواد الصلبة ترسب عند دخولها إلى الحوض مباشرة .

وتتميز أحواض التحليل باستمرار عملها دون الحاجة إلى عناية خاصة وكذلك عدم حاجتها إلى التنظيف أكثر من مرة كل بضعة سنوات إذا روعي في تصميمها الاشتراطات السابق ذكرها .

المواد الصلبة الرسيبة :

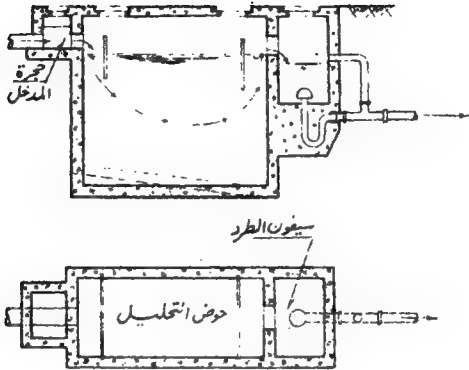
أما الجزء الصلب الذى يرسب في قاع الخزان ولا يتحول إلى غاز أو سائل فإنه يصبح مع الوقت مادة سوداء تشبه الطينة عديمة الرائحة تصلح لأن تكون سماداً جيداً للأرض .

الغاز الناتج من التحليل وتهويته :

ويتصرف الغاز الناتج عن هذه العملية (وهو غاز قابل للاشتعال) بواسطة أنبوبة للتهوية بجوار جذران حوض التحليل فوق منسوب سطح الماء وتمتد تحت سطح الأرض إلى حائط قريب حيث تصعد مرتكزة إلى الحائط مع ترك فوهتها مفتوحة للجو بعيداً عن نوافذ المباني مع حماية هذه الفوهة بواسطة شبكة من السلك أو المعدن .

غرف تفتيش المدخل والمخرج :

كما أنه يفضل في بعض الأحيان عمل حجرة تفتيش عند المدخل والمخرج حتى يمكن تحليل المواير عند الحاجة (شكل ٢٤ - ٤) كما أنه يعمل



(شكل رقم ٢٤ - ٥)

في الأحيان قواطع في الخوض تقسمه إلى قسمين أو ثلاثة - وفي هذه الحالة يعمل فتحات في القواطع تمر بها الماء من قسم إلى آخر .

طرق معالجة والتخلص من السائل الخارج من أحواض التحليل :

من البديهي أن السائل الذي يدخل أحواض التحليل يخرج منها بعد التخلص من جزء كبير بعد المواد الصلبة القابلة للتسبب إلا أنه لا يزال محملاً بالمواد العضوية الذائبة فيه والمواد الصلبة الدقيقة التي لم ترسب لصغر حجمها وتقدر مجموع كمية المواد الصلبة التي تحملها السائل عند خروجه من حوض التحليل بثلاث كمية المواد التي كان يتحملها عند دخوله . كما أنه يحتوي على كمية كبيرة من الميكروبات ولهذا فهو عظيم الخطر على صحة السكان ويجب التخلص منه بطريقة سليمة لا يؤذي الصحة العامة .

وتتم هذه الخطوة باحدى العمليات الآتية :

(أ) الري السطحي .

(ب) الري تحت سطح الأرض .

(ج) الرش .

أ - الري السطحي Surface Irrigation

وفي هذه الطريقة يستعمل السائل الخارج من أحواض التحليل في ري مساحات من الأراضي الزراعية أو الرماية المجاورة لخوض التحليل - إلا أنها لا تستعمل كثيرًا للتخلص من المخلفات السائلة في الأماكن المنعزلة بل تستعمل أكثر في المدن (الباب الثاني والعشرون) ويفضل لنجاح هذه الطريقة الأرض المسامية وتقدر المساحة المطلوبة بفدان لكل ٣٠ - ١٠٠ شخص ويمكن زراعة جميع أنواع النباتات في الأرض التي تروى بمياه المخلفات الخارجة من أحواض التحليل ما عدا النباتات التي تنمو ثمارها تحت سطح الأرض مثل البطاطس والبطاطة والخضر والفول السوداني أو التي تتدلى ثمارها قريباً من سطح الأرض مثل الطماطم والباذنجان والكرنب والقرنيط والعنب ... إذ يغشى على هذه الثمار من التلوث بالميكروبات التي توجد في مياه المخلفات السائلة - أما الأنواع التي تكون ثمارها بعيدة عن سطح الأرض فلا خطر من تلوثها كالحبوب مثلاً كما يفضل استعمالها لري الأشجار الخشبية والقطن .

نظرة المعاينة مع التخلص بالري السطحي :

تعتمد عملية التطهير والتخلص بالري السطحي على العمل الذي تقوم به الكتيبة الهوائية التي تتواجد في التربة - إذ تهجم الكتيبة الهوائية المواد العضوية الموجودة بالمخلفات السائلة وتأكسدها أي تحولها إلى مواد غير عضوية

ثابتة ولا بد من وجود الأكسوجين اللازم لها من الهواء المتخلل في مسام الأرض ولذا يجب ملاحظة ألا تسد مسام الأرض بالمواد الطينية الموجودة في المخلفات حتى لا تعجز البكتيريا الهوائية عن أداء مهمتها أو ربما تموت ولا تنفث ذلك تقسم الأرض إلى ثلاثة أجزاء أو أكثر تروى يوماً بعد يوم وبذلك تأخذ كل قطعة فترة راحة يتخلل فيها الهواء في مسام الأرض كذلك تحتاج إلى خدمة مستمرة مثل حرث أو عرق .. خصوصاً إذا استعملت طريقة الري بدون ترسيب سابق للمخلفات السائلة .

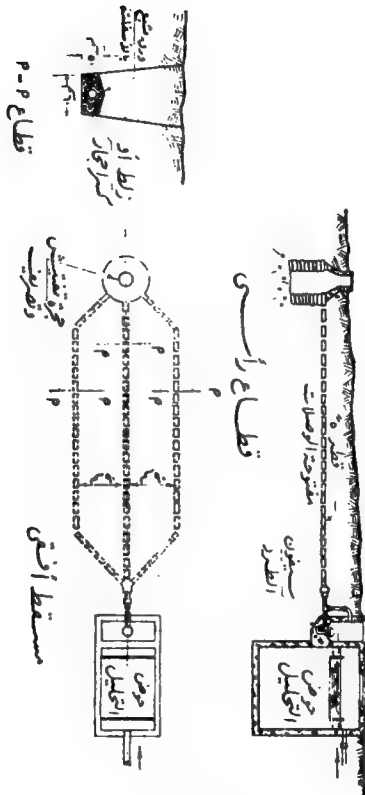
ب - الري تحت سطح الأرض (Sub - Soil Irrigation) :

ونظرية المعالجة مع التخلص هي نفس نظرية الري السطحي .

طريقة العمل :

في هذه الطريقة يصرف السائل الخارج من حوض التحليل في الأرض على عمق صغير يتراوح ما بين ٣٠ - ٥٠ سنتيمتراً وذلك بواسطة خط أو أكثر من المواسير المفتوحة الوصلات (شكل ٢٤ - ٦) وهذه الطريقة تمتاز بأنها لا تحتاج إلى عناية كبيرة كما أن هذه الطريقة تكون أقرب إلى النجاح كلما كانت الأرض مسامية مفككة وكذلك كلما كانت المواسير على أعماق صغيرة من سطح الأرض حيث يكثر وجود البكتيريا (تكاد تنعدم على عمق متر أو متر ونصف من سطح الأرض) .

ويصنع الجزء الأول من الأنبوبة الخارجة من حوض التحليل (بطول حوالى ١.٥ متر) من الفخار المزجج بلحامات بمونة الأممنت والرمل ثم تبدأ بعد ذلك أنابيب التوزيع التي تقوم بتصريف السائل في مسام الأرض وهذه تكون قصيرة طولها حوالى قدم تصنع من الفخار العادى غير المطلق



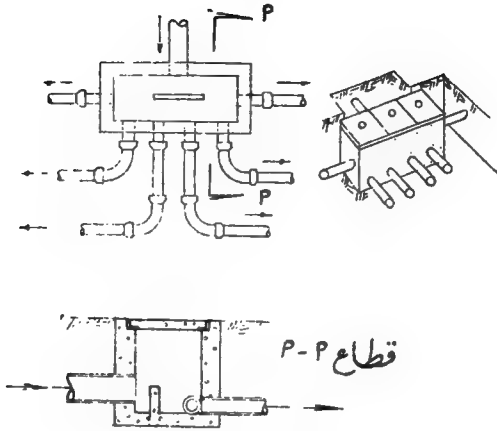
(شکل رقم ۲۴ - ۶)

وبلارووس وتوضع بحيث تكون المسافة بينها حوالي ١.٥ سم حتى تتسرب منها المياه إلى جوف الأرض وتوضع أنابيب التوزيع في خنادق منحدرية إنحداراً خفيفاً يتراوح بين ١/٣٠٠ أو ١/٥٠٠ بعرض حوالي ٥٠ سم ثم يملأ الخندق حولها وبارتفاع بضعة سنتيمترات فوق سطحها العلوي بكسر الطوب أو الحجر أو الزلط مما يساعد على تسرب المياه منها إلى الأرض المجاورة كما أن النصف العلوي من الفتحة الموجودة بين ماسورتين يجب أن تغطي بقطعة من الورق أو الخيش المقطرن حتى لا تتسرب الأتربة داخل مواسير التوزيع .

ويختلف نظام تخطيط المواسير داخل الأرض حسب طبيعة الأرض نفسها ففي الأرض المنبسطة توضع في خط مستقيم أو في خطوط مستقيمة على ألا تزيد طول كل خط عن ٣٠ متر ويحتاج الأمر في هذه الحالة إلى صندوق توزيع تخرج منه الخطوط المختلفة (شكل ٢٤ - ٧) ، كما يمكن مد خط مواسير محكم الوصلات من خزان التحليل ليتفرغ منه خطوط المواسير مفتوحة الوصلات يتم تسرب السائل خلال فتحاتها (شكل ٢٤ - ٨) . أما في الأراضي المنحدرة أو الجبلية فتنبع المواسير خطوط الكنتور وربما احتاج الأمر في هذه الحالة إلى أكثر من صندوق واحد على أن تكون المواسير الواصلة بين صناديق التوزيع مصممة أي لا يتسرب منها الماء (شكل ٢٤ - ٩) .

حساب أطول المواسير :

يختلف طول أنابيب التوزيع اللازمة لتصريف المياه الخارجة من خزان التحليل باختلاف طبيعة الأرض ودرجة مسميتها ويتراوح ما بين ٥ متر في الأرض المسامية و ١٠ متر في الأرض الزراعية المتساهكة لكل مائة متر من سعة حوض التحليل - وهناك طريقة أدق لحساب طول المواسير المطلوب كالآتي :-



(شكل رقم ٣٤ - ٧)

يُحفر حفرة مساحتها 30×30 سم إلى العمق الذى ستوضع فيه المواسير
ثم تملأ بالماء بعمق خمسة عشر سنتيمتراً ثم يلاحظ الزمن اللازم لتسرب هذا
الماء في الحفرة .. ثم يعاد هذا العمل في عدة أماكن ويوجد المتوسط وباستعمال
الجدول الآتى يمكن إيجاد المساحة اللازمة لتسرب الماء . فإذا ما قسمنا
المساحة على عرض الخندق وهو حوالى ٥٠ سم أمكننا إيجاد طول المواسير

المساحة السطحية

لكل شخص

٢,٥ متر

٣ متر

الزمن اللازم لتسرب الماء

داخل الحفرة

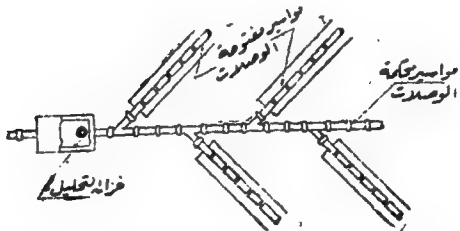
١٢ دقيقة أو أقل

١٨ دقيقة أو أقل

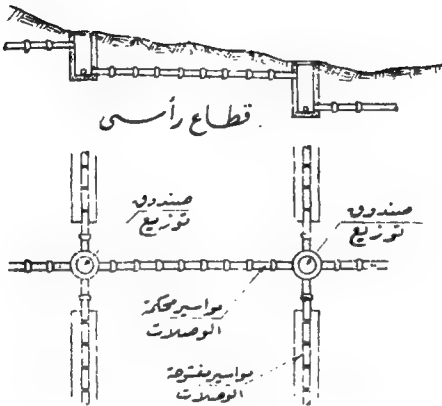
| | |
|-----------|------------------|
| ٢ متر ٣,٦ | ٢٤ دقيقة أو أقل |
| ٢ متر ٤ | ٣٥ دقيقة أو أقل |
| ٢ متر ٥,٢ | ٦٠ دقيقة أو أقل |
| ٢ متر ٦,٣ | ٧٥ دقيقة أو أقل |
| ٢ متر ٩ | ١٨٠ دقيقة أو أقل |
| ٢ متر ١٢ | ٣٦٠ دقيقة أو أقل |

ولا يصبح إطلاقاً استعمال مساحة أقل من ١٥ متراً أى خندق طوله ٣٠ متر وعرضه نصف متر مهما كان عدد السكان قليل .

كما أنه في حالة زيادة الوقت اللازم لتسرب الماء داخل الحفرة عن ثلاثمائة وستين دقيقة كان ذلك دليلاً على صعوبة استعمال هذه الطريقة لتجريف المياه الخارجة من خزان التحليل . كما أن الفروع المتوازية من المواسير لابد أن توضع على مسافات لا تقل عن مترين وكلما زادت كان أحسن .



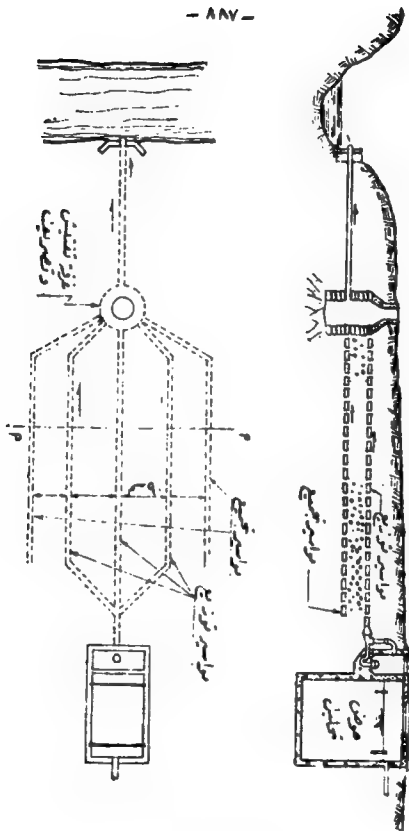
(شكل رقم ٢٤ - ٨)



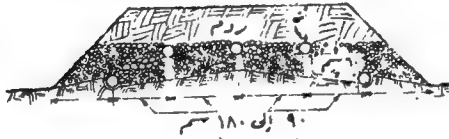
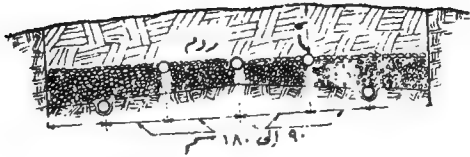
(شكل رقم ٢٤ - ٩)

وضع المواشير في الأرض المتماسكة :

أما في الأراضي المتماسكة التي يصعب تسرب الماء منها فتحفر الخنادق بعرض ٦٠ سم وعمق ١٢٠ وتوضع في قاعها أنابيب للصرف من البرايخ قطر ٤ وتسد بكسر الحجر أو الطوب ثم يملأ الخندق بالرمل الحرش أو الزلط الرفيع بارتفاع حوالى ٧٥ سم ثم توضع أنابيب التوزيع التي تغطى بالزلط الحرش بارتفاع ٣٠ سم ثم طبقة من قش الأرز أو حطب القطن لمنع التراب من دخول مسام طبقة الزلط ثم يكل ردم الخندق بالأتربة (شكل ٢٤ - ١٠ - ٢٤ - ١١ - ٢٤ - ١٢ - ٢٤ - ١٣) ويشترط في هذه الطريقة أن توصل الأنابيب السفلية بمصرف وفائدة الخندق المملوء بالزلط في هذه



(شکل رقم ۲۴ - ۱۱)



قطاع P-P في شكل ٢٤ - ١١

(شكل رقم ٢٤ - ١٢)

الحالة هو اتاحة الفرصة للبكتريا الهوائية أن تعمل على أكسدة المواد العضوية الموجودة بالسوائل أثناء تسربه من الماسورة العلوية حتى إذا ما وصلت إلى الماسورة السفلية كانت السوائل قد تحول ما بها من مواد قابلة للتحليل إلى مواد عديمة الضرر غير قابلة للتحلل كذلك يكون قد تم ابادة الجزء الأكثر من ميكروبات الأمراض التي قد تكون بها - أي أن المياه تكون قد فقدت معظم خطرها على الصحة العامة ولذا يمكن التخلص منها في مصرف مائي قريب بدون خطر أو خوف يذكر - وكثيراً ما يستغنى عن الأنايبب السفلية بعمل مجارى من الدبش أو الطوب .

أجهزة تنظيم المياه الخارجة من خزانات التحليل :

وأجهزة تنظيم توزيع المياه عبارة عن سيفونات أوتوماتيكية داخل غرف صغيرة تلتحق بأحواض التحليل فتخرج المياه من الأحواض إليها وعندها يصل منسوب الماء فيها إلى حد معين تقذف بمحتوياتها دفعة واحدة إلى أنابيب التوزيع وقائدة هذه الأجهزة هي :

(١) توزيع الماء بانتظام على طول خط الأنابيب إذ بدونها يتلقى الجزء الأول من الأنابيب (القريب من خزان التحليل) كمية من الماء المتسرب من حوض التحليل أكثر من الجزء الأخير .

(٢) إعطاء أنابيب التوزيع فترة راحة يتم فيها تسرب ما قذف فيها من ماء وتبرية مسام الأرض بعده أثناء الفترة التي يمثلها فيها جهاز التنظيم .

لا تحتاج أحواض التحليل الصغيرة إلى أجهزة لتنظيم لتوزيع المياه لراحة منها أما الأحواض الكبيرة فيحس أن يحقق بها مثل هذه الأجهزة نظرًا لسهولة أنابيب التوزيع التي يخفى ألا تصل المياه التي تخرج من الحوض لتلبيات قليلة ومتقطعة إلى الأجزاء البعيدة منها وتسرب كلها من الأجزاء القريبة من الأحواض فيؤدى ذلك إلى تحميل الأجزاء القريبة من الخزان أكثر من طاقتها وباتى الأمر بامتلاء مسامها بالمواد الصلبة وتلوئها .

٣- الرشيع Filtration

وهذا يستعمل في خزانات التي يصعب فيها عمل طريقة الرى السطحي أو الرى تحت سطحي ، ذلك لقرب مياه الرشيع تركيزة المغذات السائلة المستعملة إذ يستدعى الحناء عندئذ استعمال أطوال كبيرة من المواسير للرى تحت سطح الأرض أو مساحات كبيرة للرى السطحي - والمرشع المستعمل يعمل بنفس نظرية الرى السطحي والرى تحت سطحي إلا أنه في هذه الحالة يقوم المرشع بمسح المياه المرشحة بدلاً من التربة الطبيعية في الأرض . كذلك يتم جميع المبادىء لرشيع الرى السطحي والرى تحت سطحي منها .

تكوين المرشح :

تتكون هذه المرشحات من طبقة من الزلط أو كسر الحجر أو الفحم تنشر المخلفات على سطحها - هذه الطبقة من الزلط توضع في أحواض مستديرة أو مربعة أو مستطيلة تبنى حوائطها بالطوب بدون مونة إذا كانت فوق سطح الأرض وبمونة إذا كانت تحته - (في هذه الحالة توضع أنابيب رأسية تصل إلى قاع طبقة الزلط وتسمح بمرور الهواء بالمرشح) - على أن يتركز هذا الزلط على شبكة من أنصاف المواسير في قاع الحوض تصب جميعها في قناة رئيسية لصرف الماء من المرشح .

فاذا وزعت المخلفات السائلة بعد مرورها في حوض التحليل على سطح المرشح أخذت في التسرب خلاله حتى إذا ما وصلت إلى قاع المرشح أمكن جمعها في شبكة المواسير بعد أن تكون قد تركت في مسام الزلط ما بها من مواد عضوية عالقة ليصبح تحويلها إلى مواد ثابتة بفعل البكتيريا الهوائية الموجودة في المرشح ولذا يمكن التخلص منها في مصرف زراعي قريب يدوى خطر أو خوف - إلا أنه نظراً لأن هذه المواد العضوية العالقة التي يحجزها المرشح تنفصل عن حبيبات الزلط وتترك المرشح مع السائل المتسرب خلاله على فترات بعد أن يتم تحويلها إلى مواد ثابتة ، فإنه يفضل دائماً أن تمر المخلفات السائلة بعد خروجها من المرشح على حوض ترسيب لحجز هذه المواد العالقة (شكل ٢٤ - ١٣) وتكون المخلفات السائلة بهذه المعالجة قد تخلصت من حوالى ٩٧٪ من المواد العالقة ، ٩٩٪ من البكتيريا .

طريقة توزيع مياه :

لا بد أن يتم توزيع السوائل على سطح المرشحات بطريقة يراعى فيها انتظام التوزيع على أجزاء المرشح والا يكون التوزيع مستمراً بل متقطعاً

حتى تعطى فرصة للهواء ليتخلل مادة المرشح بعد مرور الماء فيه فيغذى
البكتيريا بأحتياجاتها من الأكسوجين .

وطريقة التوزيع إما عجلة مائية يتم بواسطتها توزيع المياه بانتظام على كل
جزء من سطح المرشح وتدار العجلة المائية هذه بكميات صغيرة من الماء ولذلك
فهو يصلح لاستعمال أصغر المباني

وهناك طريقة أخرى لتوزيع المياه بواسطة قنوات صغيرة العمق تمتد
فوق سطح المرشح وبكامل طوله فتوزع بانتظام على كل سطح المرشح وهذا
النوع يصلح للمباني التي لا يزيد سكانها عن ١٢ شخص .

د - مرشحات الرمل :

هذه لا تستعمل إلا في المباني التي لا يزيد سكانها عن ٢٥ شخصاً لأنها
تحتاج إلى عناية خاصة كما تحتاج إلى مساحة من الأرضى أكبر مما تحتاج
إليه مرشحات الزلط ولذا يقصر استعمالها على تطهير مخلفات المباني العامة
في الجهات المنعزلة .

ويحسن أن يقسم المرشح إلى قسمين يستعمل كل قسم منها بالتناوب
وتوزع المياه في هذه المرشحات بواسطة غرف توزيع يداخلها سفونات
أو توماتيكية لامكان صرف المياه إلى المرشحات بكميات تكفى لتوزيعها
على جميع أجزائها . وتبنى حوائط المرشح بالطوب على قواعد من الخرسانة
أو بلوتها ويتراوح عمقه بين متر وربع - على ألا يقل عمق الرمل عن
٦٠ سم والباقي زلط بحجم بوصة أو بوصتين كما يعمل قاع للمرشح مائلا من
الجانبين إلى الوسط حيث توضع ماسورة جمع المياه المرشحة ومنها إلى مصرف
زراعى قريب .

٥- الآبار الباردة Cesspools

وتعرف أيضاً بالآبار بدون قاع أو الحاربر وهي عبارة عن آبار مستديرة القطاع يتراوح قطرها بين متر ونصف إلى ثلاثة أمتار تبني بالطوب الأحمر بمونة الأسمنت والرمل إلى ما تحت أقل منسوب المياه لماء الرشع بمسافة لا تقل عن متر - وترك هذه الآبار بدون قاع كما أنه قد يترك فتحات (شبابش) في الجدران - وتغطي من أعلى بسقف من الخرسانة قرب سطح الأرض ترك فيه فتحة يمكن الكشف عليها منها .

طريقة البناء :

لا تختلف عن طريقة تغويص آبار مياه الشرب العادية المفضوطة (ص ١٢٧) المبنية بالطوب أو الدبش .

طريقة الاستعمال :

تستعمل الآبار المبيدة للتخلص من السائل الخارج من أحواض التحليل حيث يتم فيها تكملة عملية التحليل أو التخدير وتفتيت المواد الصلبة التي تكونت مرّت خلال حوض التحليل بدون ترسيب وتحويل الجزء الأكبر منها إلى سائل وغاز - فيتصرف الغاز الناتج عن هذه العملية (وهو غاز قابل للائهاب) بواسطة أنبوبة التهوية تحترق جدران البئر فوق منسوب سطح الماء وتمتد تحت سطح الأرض إلى أقرب حائط حيث تصعد رأسياً مرتكزة إلى الحائط مع تركها مفتوحة الفوهة بعيداً عن النوافذ مع حماية هذه الفتحة بواسطة شبكة من السلك أو المعدن .

ومن الآبار المبيدة يتسرب السائل إلى الأراضي المجاورة عن طريق قاع البئر أو الفتحات في الحوائط (الشبابش) . هذا السائل يحمل بكميات كبيرة من المواد العضوية الذائبة أو الغير ذائبة في حالة تعفن شديد إذ أن البكتيريا

الغير هوائية تكون قد عملت على تخديره في المدة التي بقي فيها السائل في كل من خزان التحليل أو البئر المبد قبل تسريبه .

ولكن السائل يتخلص من المواد الصلبة الدقيقة أثناء مروره في طبقات الأرض - إذ تجزئه الأرض في مسامها تماماً كما لو كان السائل مر في مرشح - وبدى أن الجزء الأكبر من هذه المواد الصلبة الدقيقة تمحيز في طبقات القرية المحيطة بالبئر - أما المواد النائية فتخفف باختلاطها بمياه الرشع وتزداد درجة التخفيف بزيادة المسافة التي تقطعها هذه المياه في سيرها خلال طبقات الأرض وبذلك يقل خطرها .

الشروط الواجب توافرها لنجاح الآبار المبيدة :

(١) عدم وجود مياه الرشع قريبة من سطح الأرض .
(٢) أن تكون الأرض مسامية - فإذا كانت الأرض متماسكة عولج ذلك بترك فتحات في جدران البئر كذلك احاطته بطبقة من كسر الحجر والدفشوم بسمك نحو ٥٠ سم وذلك لمساعدة تسرب المياه إلى الأرض المجاورة وزيادة مساحة السطح الذي تحتقره المياه فيقل خطر سد مسام الطبقات المحيطة بالبئر مباشرة بالمواد الصلبة .

أما إذا كانت الأرض شديدة التماسك فقد يحتاج الأمر إلى عمل خنادق تملأ بالدفشوم تمتد من البئر إلى باطن الأرض .

عيوب الآبار المبيدة :

لما كان السائل الذي يخرج من الآبار المبيدة حاوياً على كثير من المواد المضوية النائية وغير النائية المتعفنة - وهذه تسرب إلى الأرض المجاورة منه فإن الأرض تأخذ في التشبع وتمتلئ مسامها فتصبح في حالة تلوث تام

يهدد الصحة العامة - كما أن هذا التلوث محتمل أن يصل إلى القنوات والترع والآبار الموجودة في المنطقة عن طريق المياه الجوفية مما يعرض صحة مستعمل المياه للعرض من غير أن يكون لمنظرها ما يدل على تلوثها .

كيف تولي اخطار الآبار المبيدة :

راجع المساحة الصحية للآبار - وهذه تتلخص في

- (١) أن تبعد عن آبار الشرب مسافة لا تقل عن ٣٠ متر .
 - (٢) أن توضع حيث يكون أتجساده سير المرشح من آبار الشرب إلى البئر المبيد .
 - (٣) ألا تستعمل آبار شرب قديمه بطل استعمالها .
 - (٤) ألا تنشأ آبار مبيدة بأرض جبرية .
- كما أنه في بعض الأحيان يستغنى عن حوض التحليل الموحدة قبل البئر المبيد وفي هذه الحالة يعمل البئر المبيد عمل خزان التحليل بالإضافة إلى عمله الأصلي وهذا غير مستحب لاحتمال انسداد مسام التربة بسرعة .

المراجع

REFERENCES

- ١ - هندسة البلديات - مياه الشرب
للاستاذ محمد عبد المنعم مصطفى ، الاستاذ محمود وصفي
- ٢ - الهندسة الصحية - مياه المجارى وتنقيتها
للاستاذ محمد عبد المنعم مصطفى ، الاستاذ محمود وصفي
- 3) Water supply & sewerage
by :- Ernest W. Steel.
- 4) Municipal & Rural Sanitation
by :- Ehler & Steel
- 5) Theory & Practice of filtration
by :- Dickey & Bryden
- 6) Water Supply Engineering
by :- Babbitt & Doland
- 7) Water Supply & Waste Water Disposal
by :- Fair & Geyer
- 8) Water Purification
by :- Elms.
- 9) Rural Water Supply & Sanitation
by :- Wright
- 10) Sewage Treatment Works
by :- Keefer
- 11) Sewerage & Sewage Treatment
by :- Babbitt

- 12) Sewage Disposal from Isolated Buildings.
by :- G. M. Flood
- 23) Sewage Treatment
by :- Imhoff & Fair
- 14) Sewerage & Sewage Disposal
by :- Metcalf & Eddy
- 15) Water Purification for Plant operator
by :- Norcom & Brown
- 16) Excreta Disposal for Rural areas
by :- Wagner & Lonoix.
- 17) Principles of Sewage Treatment
by :- William Roudalfs
- 18) Water Supply & Treatment
by :- Charles Hoover
- 19) Water Quality & Treatment
by :- American Water Works Association
- 20) The Work of Public Health Engineer
by :- Escritt & Rich

٨٤/١٨٥٩ / رقم الإيداع

ISBN ٩٧٧-١٠٣-١٤٣-٦ / الترقيم الدولي



0331511

821 / 26